

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

1

2023

YouTube



Telegram



ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ 3D-НЕЙРОМАТРИЦА: МОЗГ В МИНИАТЮРЕ

В НОМЕРЕ:

Эдуард Борноволоков: выдающийся
популяризатор отечественной радиоэлектроники

Дисплеи DES E-ink: ультранизкое
энергопотребление и высочайшая контрастность

**Квантовая криптографическая
катастрофа:** спасайся кто может?

WWW.SOEL.RU



ЦЕНТР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБУВИ

- ✓ Защита электроники от электростатических разрядов (соответствует стандарту ESD)
- ✓ Комфорт для ног и качество материалов





ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ

15 февраля

ПТА – Екатеринбург

Novotel Екатеринбург Центр

29 марта

ПТА – Казань

Отель Ramada Kazan City Centre

31 мая

ПТА – Санкт-Петербург

Отель Holiday Inn St. Petersburg

27 сентября

ПТА – Челябинск

Бизнес-отель «ПаркСити»

01 ноября

ПТА – Новосибирск

Гранд Автограф Новосибирск Отель

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ 2023

**Специализированные
конференции**

- Промышленная автоматизация
- Цифровизация производства
- Искусственный интеллект
- Интернет вещей и большие данные
- Информационная безопасность
- Автоматизация зданий и инженерных систем



Здравствуйте, уважаемые друзья!

2022 год стал не лучшим для российской экономики и, в частности, для её Hi-Tech-секторов: небывалые санкции, вызвавшие тотальный дефицит всего и вся, логистические проблемы, отъезд высококвалифицированных специалистов из страны – всё это, разумеется, не способствовало экономическому подъёму. Однако полный коллапс, являвшийся главной целью санкций, так и не наступил. Более того, многие наши собеседники-эксперты отмечают оживление на рынке. В чём же причина, как себя чувствуют отечественные производители в новых условиях, и каковы перспективы преодоления трудностей? В прошедшем году редакция журнала поучаствовала во многих знаковых для отечественной электроники событиях. Все они отмечены новыми роликами-интервью. Смотрите репортажи на нашем YouTube-канале, и вы узнаете секрет «живучести» из первых рук!

В этом выпуске «Современной электроники» 2023 года мы предлагаем вам статью, рассказывающую о революционной концепции оптоэлектронных 3D-нейропроцессоров. Реализация нейропроцессора новой архитектуры сулит фантастический прорыв в области ИИ: автономные роботы, интеллектуальная обработка огромных объёмов данных, экспертная помощь в различных аспектах человеческой деятельности – всё это станет возможным благодаря отечественным разработкам.

Заходите на наш сайт, подписывайтесь на YouTube-канал «Современной электроники», делитесь ссылками на понравившиеся ролики со своими друзьями и коллегами. Желаем всем вам в новом 2023 году счастья, благополучия и мирного неба над головой!

Всего вам доброго!

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора А. В. Малыгин
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,
С. А. Сорокин, Д. А. Кабачник, Р. Х. Хакимов
Вёрстка А. М. Бабийчук
Обложка Д. В. Юсим
Распространение А. Б. Хамидова (info@soel.ru)
Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»
Генеральный директор К. В. Седов
Адрес учредителя и издателя:
117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,
пом/ком/эт I/67/тех
Почтовый адрес: 117437, г. Москва,
Профсоюзная ул., 108
Тел.: (495) 232-00-87
info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз.
Цена свободная

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 г.)

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».
Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19,
бизнес-центр Вэлдан.
Тел./факс: (499) 903-69-52

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2022

ЧИТАЙТЕ
ЖУРНАЛ 

в ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ
на сайте **soel.ru**
после простой регистрации
и
в ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
по подписке

СОДЕРЖАНИЕ 1/2023

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

EA Elektro-Automatik 23

МОРИОН 5

ПЛАНАР 4

СНЕЖЕТЬ 6

ТЕСТПРИБОР 4, 4-я стр. обл.

Фаворит-ЭК 5

Центр профессиональной обуви 6, 2-я стр. обл.

ЭКСПОТРОНИКА 1

ЭРКОН 5, 21

Читайте в «СТА» № 1/2023:

МЫ ПОЙДЕМ СВОИМ ПУТЁМ:

Наш ответ CoDeSys

НОВЫЙ ДРУГ ЛУЧШЕ СТАРЫХ ДВУХ:

Куда в АСУТП без Китая?

ОБЛАКО В ШТАНАХ:

ИИ в промышленной автоматизации

ВИДОИЗМЕНЁННЫЙ УГЛЕРОД:

секрет долголетия карбоновых АКБ



Оформляйте подписку на журнал «СТА»
и читайте печатную версию
или электронную версию на www.cta.ru

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

7 Борноволоков Эдуард Павлович. Инженер, редактор, разработчик, популяризатор радиоэлектроники

Андрей Кашкаров

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

10 Квантовая криптографическая катастрофа. Часть 1

Виктор Алексеев

16 Датчики-сканеры отпечатков пальцев в устройствах биоидентификации. Обзор и перспективы

Андрей Ласорла

24 Безопасность ЕБС и её элементов. Обзор рисков и перспективных направлений улучшения систем персональной аутентификации

Антти Суомалайнен

30 Разработка 3D фотон-электронной матричной нейросетевой реконфигурируемой платформы для высокопроизводительной обработки информации

Валерий Сведе-Швец

44 Мировой инфляционный кризис оптоволокна

Андрей Кашкаров

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

46 Автоматизация светофора

Сергей Шишкин

52 Применение дисплея DES E-ink в барометре-термометре-гигрометре с гистограммой изменения давления за неделю

Алексей Кузьминов

58 Технология конвективной сушки пиломатериалов на основе метода корреляционного анализа

Сергей Гаев, Александр Кузнецов, Мария Бахметьева

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

62 Испытания бесплатформенных инерциальных навигационных систем

Матвей Ульянов

Новости российского рынка

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

АО «ТЕСТПРИБОР» провёл испытания с наименьшим уровнем воздействия ЭМП

АО «ТЕСТПРИБОР» проводит испытания на проверку стойкости изделия к воздействию ЭМП для помехи с минимальным уровнем напряжённости поля 35 дБмкВ/м (56,2 мкВ/м) в рабочем диапазоне частот от 156 МГц до 163 МГц.

В результате испытаний инженеры столкнулись с проблемой: для искомого контроля настолько незначительного сигнала помехи ни один датчик поля не обладает необходимой чувствительностью.

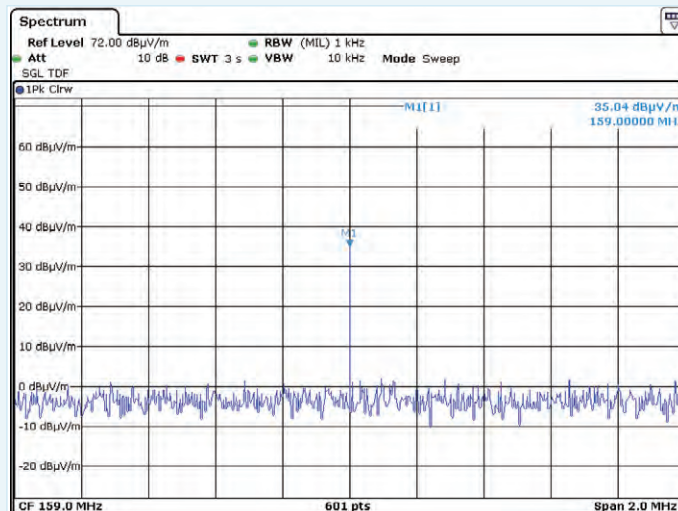
Решение было найдено в кратчайшие сроки. Специалисты АО «ТЕСТПРИБОР» использовали измерительные антенны для контроля уровня.

Для этого потребовалось собрать измерительный стенд. Но при установке стандартных настроек помеховый сигнал всё равно не было видно за уровнем шума. Была проведена калибровка, в процессе которой кратно изменилась



полоса пропускания (RBW), после этого испытания прошли успешно.

Напоминаем, что в АО «ТЕСТПРИБОР» проводятся все виды испытаний для подтверждения работоспособности изделий при воздействии электромагнитных помех. Специалисты собственной аккредитованной лаборатории разрабатывают и согласовывают программы и методики испытаний, проводят анализ электро-



магнитной обстановки и предоставляют рекомендации по повышению помехоустойчивости. По результатам испытаний выдаётся протокол, который является основанием для получения сертификата соответствия.

www.test-expert.ru
+7 (495) 657-87-37

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Портативные векторные анализаторы цепей серии Компакт и модули расширения частотного диапазона TFE1854 компании «ПЛАНАР» внесены в Госреестр СИ РФ

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2022 г. № 2814 в Госреестр средств измерений РФ занесены векторные анализаторы цепей серии Компакт S5045, S5065, S5085 и модули расширения частотного диапазона TFE1854.

Срок действия Свидетельства об утверждении типа СИ определён до 09.11.2027. Установленный межповерочный интервал – 1 год.

Сертификат о внесении в Госреестр средств измерений подтверждает, что оборудование компании «ПЛАНАР» успешно прошло технические и метрологические испытания и допущено к применению на территории РФ для проведения ответственных измерений.

Векторные анализаторы цепей серии Компакт



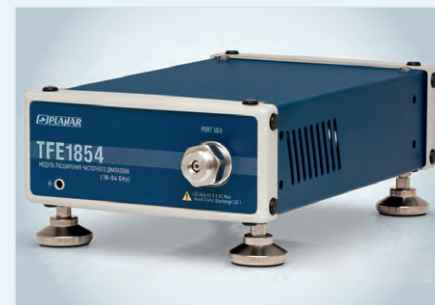
Портативные векторные анализаторы цепей серии Компакт предназначены для измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения (элементов матрицы рассеяния) многополюсников.

Конструктивно анализаторы цепей имеют широкий набор встроенных приборов и опций, таких как генераторы испытательного и гетеродинного сигналов, аттенюатор регулировки выходной мощности, коммутатор (переключатель направления распространения испытательного сигнала), измерительные секции, многоканальный приёмник, блок управления с сигнальным процессором и блок питания.

К данному типу анализаторов цепей S50x5 относятся модификации S5045,

S5065 и S5085, которые отличаются друг от друга диапазоном рабочих частот: от 9 кГц до 4,5 ГГц, от 9 кГц до 6,5 ГГц и от 9 кГц до 8,5 ГГц соответственно.

Модули расширения частотного диапазона TFE1854



Модуль TFE1854 является сверхкомпактным устройством и предназначен для работы совместно с векторными анализаторами цепей серии Кобальт, образуя измерительную систему комплексных коэффициентов передачи и отражения в расширенном диапазоне частот до 54 ГГц.

<https://www.planarchel.ru/vna@planarchel.ru>
+7 (351) 729-97-77

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Простые ГК355-П и управляемые напряжением К356-УН кварцевые генераторы в SMD-корпусах

АО «Морион», ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства прецизионных пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты, запустило новое для себя направление – серийный выпуск простых и управляемых напряжением кварцевых генераторов ГК355-П и ГК356-УН в корпусах для поверхностного монтажа.

Генераторы были освоены в производстве в связи с участвовавшими за последний год запросами на замену подобных импортных генераторов отечественными. Особо необходимо отметить расширенный диапазон рабочей температуры $-55...+125^{\circ}\text{C}$ генератора ГК355-П, а также суммарную нестабильность частоты (точность настройки, температурная нестабильность в интервале рабочей температуры, долговременная нестабильность

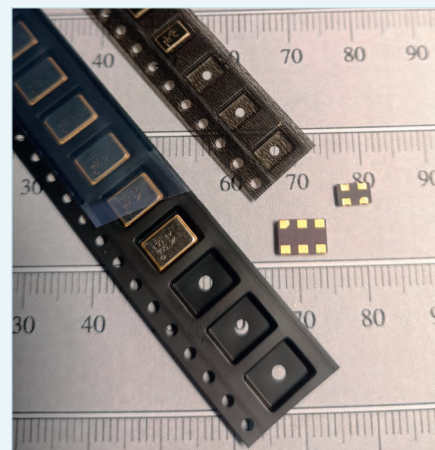
частоты за 10 лет, нестабильность частоты от изменения напряжения питания и нагрузки), которая составляет менее $\pm 50 \times 10^{-6}$.

Основные параметры ГК355-П:

- диапазон частоты: 1,4...400 МГц;
- общая нестабильность частоты: до $\pm 20 \times 10^{-6}$;
- диапазон рабочей температуры: до $-55...+125^{\circ}\text{C}$;
- напряжение питания: 2,5, 3,3 и 5,0 В;
- выходной сигнал: КМОП, LVPECL, LVDS;
- размеры SMD-корпуса: $5 \times 3,2 \times 1,4$ и $7 \times 5 \times 1,8$ мм;
- высокая надёжность.

Основные параметры ГК356-УН:

- диапазон частоты: 8...74 МГц;
- общая нестабильность частоты: до $\pm 20 \times 10^{-6}$;
- пределы перестройки частоты: до $\pm 100 \times 10^{-6}$;
- диапазон рабочей температуры: до $-40...85^{\circ}\text{C}$;
- напряжение питания: 3,3 В;
- выходной сигнал: КМОП;
- размеры SMD-корпуса: $5 \times 3,2 \times 1,4$ и $7 \times 5 \times 1,8$ мм;
- низкий уровень фазовых шумов.



Основные области применения: коммуникационное и медицинское оборудование, беспроводные сети, SONET-, SDH-, Ethernet-оборудование, промышленные контроллеры и т.д.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте АО «Морион» или по телефону +7 (812) 775-95-65.

www.morion.com.ru

Новинка! Мощные СВЧ-поглотители ПР1-24-500 и ПР1-25-500-3 мощностью 500 Вт с контактным охлаждением

АО «НПО «ЭРКОН» разработало новые мощные СВЧ-поглотители типа ПР1-24 и аттенюаторы ПР1-25 мощностью 500 Вт с принудительным контактным охлаждением на теплоотвод. Поглотители предназначены для использования в непрерывном и импульсном режимах в цепях постоянного и переменного токов в качестве оконечных нагрузок и эквивалентов антенн, а также ослабления

мощности при эксплуатации и регулировке мощной высокочастотной аппаратуры.

Основные характеристики:

- входная мощность в непрерывном режиме: 500 Вт;
- входная мощность в импульсном режиме: 5000 Вт;
- номинальное сопротивление (вход/выход): 50 Ом;
- рабочий диапазон частот: 0...5,0 ГГц;
- КСВН, не более: 1,35;
- номинальное ослабление (для аттенюаторов): 3...40 дБ;
- тип соединителя: тип N, тип III;



- габариты корпуса 70×26×230 мм;
- масса, не более: 1,2 кг.

www.erkon-nn.ru

+7(831)202-25-52

+7(831)465-64-31

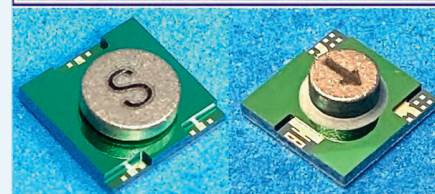
Компания «Фаворит-ЭК» наращивает серийные поставки ферритовых циркуляторов и изоляторов для приёмо-передающей аппаратуры СВЧ-диапазона

ООО «Фаворит-ЭК» предлагает бескорпусные микрополосковые ферритовые циркуляторы и изоляторы. Компоненты монтируются на основание токопроводящим клеем, после чего производится разварка проводников на контактные площадки. Применение технологии МЭМС обеспечило малую массу, высокую согласованность и стабильность характеристик в рабочем температурном диапазоне. Несмотря на компактные размеры, изделия способны коммутировать

мощности до 80 Вт в пиковом режиме. Опыт применения показал также высокую механическую прочность продукции при термостатировании под нагрузкой.

Основные параметры предлагаемых МЭМС-циркуляторов, изоляторов:

- диапазон рабочих частот: 6...40 ГГц;
- размер на плате: от $4,5 \times 5$ мм до 8×10 мм при высоте 2,7...3 мм;
- коэффициент стоячей волны (VSWR): 1,25...1,4;
- вносимые потери: 0,5...0,8 дБ;
- величина развязки (ISO): 11...20 дБ;
- рабочий температурный диапазон: $-55...+85^{\circ}\text{C}$;
- средняя мощность с учётом скважности: 2...50 Вт.



Возможен выпуск устройств и их комбинаций с заказными характеристиками по согласованному ТУ в объёме минимальной партии.

www.favorit-ec.ru

info@favorit-ec.ru

+7 (495) 627-76-24

Швейцарское качество от российского производителя

АО «Завод «Снежень» – участник государственной программы по импортозамещению. Предприятие выпускает электрические соединители, которые включены в перечень ЭКБ и используются в электронной и военной промышленности, производит алмазный правящий инструмент, оказывает услуги по разработке и изготовлению штампов и пресс-форм.

В настоящее время активно идёт расширение линейки продукции, акцент делается на технологически сложных изделиях, которые претендуют на импортонезависимость.

Одним из таких продуктов является гидравлический соединитель – аналог швейцарской фирмы Stäubli, который с 2021 года выпускается серийно на АО «Завод «Снежень».



Быстроразъёмное соединение – одно из самых удобных и эффективных приспособлений, используемых при соединении технических креплений оборудования и гидравлических, пневматических магистралей. Его основным назначением является оперативная сборка/разборка гидравлических узлов и систем без применения специальных инструментов или устройств, без потери рабочей жидкости в системе.

Благодаря современным технологиям разъёмы серии СЖ очень удобны, надёжны, универсальны, а потому крайне востребованы практически во всех отраслях:

от транспорта и сельского хозяйства до пищевой промышленности, нефтепереработки и медицины.

К новым разработкам завода относятся и соединители СНП356, СНП413, СНП416. Полная информация о них представлена на сайте компании.

Также АО «Завод «Снежень» предлагает услуги по разработке и изготовлению специальной технологической оснастки любого уровня сложности по чертежам заказчика, ремонт и обслуживание технологической оснастки, механическую обработку деталей. Кроме этого, АО «Завод «Снежень» изготавливает детали методом штамповки, точения, производит изделия из полимерных материалов методом литья под давлением и прямого прессования.



СНЕЖЕТЬ
Разработка и производство электрических соединителей

www.sneget.ru

+7 (4832) 78-88-33

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Отечественная антистатическая обувь с ESD-подшовой

ООО "Центр Профессиональной Обуви" (бренд «ЦПО») предлагает обувь для работы с чувствительным к электростатическим разрядам оборудованием.

Оригинальная конструкция антистатической обуви ЦПО предусматривает ESD-подшову с гарантированным удельным поверхностным электрическим сопротивлением (10^7 Ом), а также специальную вкладную стельку с аналогичным сопротивлением. Верх обуви изготавливается из высококачественной натуральной кожи. Таким образом обеспечивается нормированная прово-

димость, необходимая для стекания заряда. Обувь ЦПО соответствует международному классу защиты 2 (согласно МЭК 61340-4-3).

Собственное производство полного цикла, расположенное во Владимирской области позволяет гибко и своевременно учитывать особенности требований заказчиков. Продукция обладает заключениями Минпромторга РФ, всеми необходимыми сертификатами соответствия, подтверждёнными протоколами испытаний и соответствует ГОСТ 12.4.124-83, ГОСТ Р ЕН ИСО 20345-2011.

<https://proshoes.ru>
info@proshoes.ru
+7 (495) 380-11-05



НОВОСТИ МИРА

«Ростех» начал массово производить роутеры, построенные на процессорах серии «Байкал»

Специалисты холдинга «Росэлектроника», входящего в структуру «Ростеха», разработали и уже начали серийный выпуск защищённых роутеров, в аппаратной основе которых лежат отечественные процессоры модели «Байкал ВЕ-T1000». При этом программное обеспечение для них полностью разработано в России.

Устройства рассчитаны на малые организации с количеством работников до 50–60 человек, а модульная модель этих устройств легко позволяет настроить каждый роутер под задачи определённого со-

трудника. Помимо этого, роутер поддерживает технологию PoE, что заметно расширяет его возможности.



По словам представителя «Ростеха», Олега Евтушенко, новый роутер, теперь

серийно выпускаемый «Росэлектроникой», поможет российскому бизнесу снизить зависимость от аналогичных зарубежных решений и повысить защиту собственных систем в плане информационной безопасности.

Как сообщается, на сегодняшний день выпущено порядка 2000 единиц роутеров, но до конца этого года запланировано отгрузить ещё 3000 единиц, а также заметно расширить данную линейку сетевого оборудования более функциональными моделями. Кроме того, в ближайших планах производителя выпускать граничные маршрутизаторы.

techcult.ru

Борноволоков Эдуард Павлович. Инженер, редактор, разработчик, популяризатор радиоэлектроники

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

О людях, творивших на пользу стране в «доинтернетную эпоху», не просто хочется, но и важно вспоминать. Как правило, это скромные деятели, не рекламировавшие свои достижения намеренно, но результаты работы которых повлияли на последующие поколения. Один из них скромно шёл своей дорогой, ни к кому не приставал, и к нему не приставали журналисты с просьбами об интервью. Если бы вы спросили, как его зовут, он ответил бы просто и скромно: «Эдуард Павлович Борноволоков». А я добавлю – без преувеличения выдающийся популяризатор радиоэлектроники второй половины XX века. Но сначала немного истории из 80-х.

История с намёком

Немало людей, принёсших значительную пользу своими действиями популяризации радиодела, знакомы нашим читателям. Как правило, приобщение к увлечению, хобби начинается в юном возрасте и нередко перерастает в профессию. Если сегодня опросить отечественных разработчиков радиоэлектронной аппаратуры на предмет, когда они начали интересоваться радиоэлектроникой и почему, можно услышать и такие ответы: «с детства», «в радиокружке», «в школе», «в МУПК (межшкольный учебно-производственный комбинат)» и т.д. Исследуя этот вопрос, выявил три возраста, в которых интерес к радиосхемам и любительской радиосвязи в эфире чаще всего возникал у детей и подростков.

Первый интерес возникал в дошкольные, «средние» и «старшие» школьные годы, причём по трём направлениям. В первом варианте от родителей, соседей – в кругу общения и на взрослом примере дети приобщались к радиodelу. Ибо новизна впечатлений, пример и повторение (закрепление) – главные педагогические принципы для воспитания и развития личности. Во втором варианте развитию интереса способствовало предметное изучение законов физики и основ электротехники в средней школе. И ближе к выпускным классам, в шестых-восьмых (по структуре бывшего десятилетнего основного школьного образования), когда знания физики укреплялись, а вне школы действовали для соответствующего возраста с целью повышения уровня образования (дополнительного образования) и профориентации межшкольные учебно-производ-

ственные комбинаты на базе ведущих объединений электронной промышленности.

МУПК как действенный педагогический инструмент профориентации

Строго говоря, МУПК были профориентационной кузницей кадров для радиоэлектронной промышленности. База по радиоэлементам была современная, на то время очень достойная: с производства. Это всё лежало в ящиках и стеллажах, к ним был открытый доступ, на доверии. Понятно, что особо ценные микросхемы и микропроцессоры, вроде КР580ИК80, ППЗУ, портов параллельного ввода-вывода КР580ИК55, микросхем оперативной памяти, применявшихся в первом доступном отечественном компьютере РК-86 (каждый из нас собрал по несколько версий такого для себя), К565РУЗ и микросхем с драгметаллами хранились отдельно и вне доступа. Но это не портило впечатлений. Благодаря использованию этой возможности, а также содействию руководителей кружков и наставников, проводивших обучение, от завода (наш был от ЛОЭП «Светлана») мы самостоятельно собрали не по одному экземпляру персонального компьютера «Синклер» и других. Как правило, формат занятий в оборудованном рабочими местами с 36-вольтовыми паяльниками, столами-партами, вытяжкой, доской и кафедрой классе был таким: в 16 часов 45-минутное занятие по теории, затем 2 часа практики. За отдельными (у нас таких насчитывалось шесть) рабочими местами наставников были генераторы (в том числе цифровые), осциллографы,

измерительное оборудование, источники питания на разное напряжение с защитой и другое необходимое оборудование – всё отечественного производства. Нашего наставника, выдающегося педагога дополнительного образования, величали Валерием Яковлевичем Шехнером. А намёк истории в том, что подобного рода тьюторское содействие, как институт профориентации и наставничества, – весьма действенный инструмент для школьного и, может быть, даже дошкольного воспитания. В такой форме это хороший рабочий образовательный и воспитательный инструмент, об этом надо вспомнить.

Ребята собирались отличные, увлечённые, я не помню из нашего коллектива никого «случайного», а ведь нас было больше 50... Причём увлечение это быстро распространялось по школе, вне школы: приглашались друзья, и дело распространялось с «космической» скоростью. Среди нас было 5-6 девчонок, а в среднем около 10% радиолюбителей в возрасте 12–17 лет были девушками. Занятия в МУПК проводились 3-4 раза в неделю по рабочим дням, а точнее, вечерам, и мы с нетерпением и удовольствием «неслись» туда после школы. Одно из счастливых впечатлений детства и отрочества связано именно с этим явлением, с таким времяпрепровождением. Да что тут говорить, если я и женился в первый раз на знакомой из МУПК.

Затем из МУПК после окончания школы подростки уходили во взрослую жизнь, и если кого-то терзают сомнения, кто составлял основной костяк специалистов инженерного статуса на производстве, работал наладчиком в отделах АСУ – это были именно те ребята: не потерявшие интереса радиолюбители. Понятно, что в Москве и Петербурге, в городах-мегаполисах таких возможностей было больше, ибо больше было фабрик, заводов, производств, а также профильных кружков детского творчества в формате Дворцов пионеров. В глубинке дети не были осчастливлены такими широкими возможностями и элементной базой. Однако увлечённые радиолюбители появлялись во



Рис. 1. Борноволокв Эдуард Павлович.
Фото 1974 г.



Рис. 2. Обложка сборника «Лучшие конструкции 26-й выставки творчества радиолюбителей».
Составитель: Эдуард Павлович Борноволокв

всех уголках нашей страны, буквально как грибы после дождя. Этому способствовало не только развитие электронной промышленности (темпы и качество – в сравнении суть субъективные оценки), но и широкая популяризация творческого процесса, новинок и разработок в области электроники, осуществляемая ведущими издательствами, такими как «Радио и связь», «Знание», «Радио», «Техника», «Наука и техника» и многими другими. Тогда их было достаточно много, и тиражи сборников и книг покрывали интерес и запросы от читателей. Для этой цели «не покладая рук» трудились и в такой памятной конторе, как «Посылторг» с форматом «книга почтой». Это всё было актуально для

глубинки даже в 2007–2010 годах, правда, в меньшем объёме, чем до начала 90-х.

Итак, ведущие издательства и профильные журналы десятилетиями (а журнал «Современная электроника» с 2004 года) удовлетворяли запросы увлечённых читателей в радиосхемах и описаниях новых полезных конструкций. Но это не происходило просто так: статьи и схемы не прилетали в редакцию с Луны. За всем этим стояли не менее увлечённые профессионалы своего дела в составе редакционных коллегий и авторы-радиолюбители со всей страны, использующие возможность поделиться своими разработками со всем миром с трибуны, в том числе и посредством журналов.

Эдуард Павлович Борноволокв

Одним из таких профессиональных авторов публикаций, ставшим затем редактором в журнале «Радио», был Э. Борноволокв. Имя Эдуарда Павловича – радиоинженера, популяризатора радиотехнических знаний – хорошо известно радиолюбителям старшего поколения, особенно радиолюбителям-конструкторам (рис. 1). Его журнальные статьи, посвящённые достижениям отечественной радиотехники и радиотехническому творчеству, книги и брошюры, выходившие в ряде издательств в сериях «Массовая радиобиблиотека», «В помощь радиолюбителю» и других, пользовались огромной и заслуженной популярностью у радиолюбителей и специалистов отрасли.

У Эдуарда Павловича интересная судьба. Можно у него поучиться. Из современных отзывов, которые собрал при подготовке статьи: «Ещё в советские времена перепробовал кучу его публикаций (в особенности схемы электропитания), на сегодняшний день многое неактуально, но несколько потрепанную его книгу до сих пор храню и перелистываю». Вот как описывает своё увлечение радиоделом Валерий Викторович Ярославский: «Свой первый детекторный приемник собрал в 13 лет (1962 год) – да ещё и с самодельным детектором из серы и медной спиральки. Такое запоминается на всю жизнь! А потом меня было не остановить...»

Эдуард Павлович Борноволокв родился в 1930 году, окончил в 1951 году Московский электротехнический институт связи, по распределению уехал работать в г. Дудинку, где четыре года трудился в качестве инженера радиобюро Таймырской окружной конторы связи. А в 1955 году, вернувшись в Москву, вошёл

в состав редакции журнала «Радио». Более десяти лет Эдуард Павлович был редактором радиотехнического отдела, а затем на протяжении 20 лет возглавлял отдел науки и радиотехники, являлся членом редколлегии вплоть до 1985 года, когда по состоянию здоровья ушёл на пенсию. 30 лет на ответственном посту, на острие качественного отбора, перепроверки, консультаций и редактирования материалов, по которым затем учились два поколения радиолюбителей. Это дорогого стоит, и память об этом человеке священна. 25 лет назад, 2 января 1998 года на 69-м году жизни Э.П. Борноволокв скончался и был похоронен в Москве.

Согласно найденным в открытом доступе источникам с 1952 по 1989 год состоялись 32 выставки творчества радиолюбителей-конструкторов. Они частично описывались в специальных выпусках издательства «Москва», ДОСААФ СССР в серии «Лучшие конструкции выставок творчества радиолюбителей».

И ведь это были действительно лучшие, тщательно отобранные конструкции. В некоторых сборниках вы найдёте статьи-описания конструкций Борноволоква, а в некоторых специальных выпусках, к примеру, «Лучшие конструкции 26-й выставки творчества радиолюбителей. Сборник», и не только в этом – он сам был ответственным составителем (рис. 2).

Или приглядимся к популярнейшей в своё время книге: Борноволокв Э.П., Кривопапов В.А. «Знай и умей. Военные радиоигры» [6]. В ней содержатся подробные описания, чертежи и схемы самодельных конструкций различного автоматического оружия и приборов на электронной базе, необходимых школьникам, участвующим во всесоюзной военной игре «Зарница», военизированных походах и играх в пионерском лагере. Книга рассчитана на учащихся среднего и старшего возраста, немного знакомых с основами радиолюбительства. И важно – из аннотации – «устройств, подобных описанным в книге, промышленность не изготавливает, их обязательно нужно сделать самим». Рисунки Г. Акулова и И. Гусевой, схемы и чертежи по эскизам авторов, выполненные А. Давыдовым, также свидетельствуют о вкладе этих коллег в общее дело популяризации радиоэлектроники. «Электроника для фотолюбителей» 1963 года выпуска в соавторстве со Светлаковым Леонтием Ивановичем [2], «Малогабаритные радиоприёмники» 1967 года выпуска [3], «Радиолюбительские схемы» в соавторстве с В.В. Фроловым киевского издательства 1985 года [5], путеводители по журналу «Радио» [4],

сборники «Массовая радиобиблиотека» и многие другие издания, вышедшие из-под пера Борноволокова, весьма познавательны как методические обучающие пособия, созданные на проверенных – что очень важно – примерах, то есть являющиеся для потенциального читательского адреса апробированным руководством к действию. Таково, к примеру, «В помощь радиолюбителю» 1986 года № 86, где Борноволоков – ответственный составитель (рис. 3).

Общий массовый тираж этих книг, статей и пособий составил несколько миллионов экземпляров (в то время тиражи печатных изданий были большими). Сейчас эти книги стоят по 1500 рублей как букинистические издания. Мои книги по электронной тематике, число которых около сотни, не пользуются такой же популярностью и не имеют подобных тиражей, что не мешает мне объективно и с радостью писать о нашем коллеге, являвшемся учителем в профессии и для меня. Потому что понимаю, как и те, кто принадлежит к авторско-редакторскому цеху, какой это труд разработать радиоэлектронную конструкцию, описать её в разных проявлениях и вариантах, предварительно перепроверив работоспособность, чтобы рекомендовать к повторению.

Конструкции Эдуарда Борноволокова до сих пор повторяют радиолюбители, а его самого помнят. У него не было педагогического образования, однако по результатам работы уместно назвать его учителем, педагогом и наставником, хотя бы по той причине, что деятельность Борноволокова способствовала фактическому приобщению к профессии многих и многих состоявшихся впоследствии специалистов – разработчиков электроники, действующих сегодня творцов в современных нам передовых технологиях.

Тенденции радиолюбительской букинистической литературы

Сказав об Эдуарде Борноволокове и его вкладе в популяризацию электроники посредством печатных публикаций в «доинтернетную эпоху», надо заметить, что сегодня, в 23-м году XXI века многие старые книги (по правилам – от полувекковой давности) считаются букинистическими, и есть отдельная социальная группа, занимающаяся их собиранием, сохранением, перепродажей. Букинисты существовали всегда. Сегодня среди них есть отдельные группы, которые имеют

старые книги по радиodelу и не собираются отказываться от своих коллекций. Это интересное явление – сохранение публикаций о радиосвязи и радиолюбительских схемах – и в чём-то даже пионерское за полуторавековую историю.

Не могу сказать ответственно, насколько книги, журналы и сборники с радиосхемами 1950...1970-х годов пользуются спросом – скорее всего, тут специфический читатель и круг интересов, – однако по известному правилу бизнеса «спрос рождает предложение» приведу пример. Книга Э.П. Борноволокова «О военных играх» 1963 года выпуска в печатном виде продаётся в Интернете по цене 1300–1500 рублей. Её обложка представлена на рис. 4.

В сопоставимой цене вы встретите книги и сборники, считающиеся технической букинистической литературой, в том числе книги Борноволокова и других почётных авторов, сборники для радиолюбителей и др.

Термин «радио» впервые ввёл в обращение английский физик-химик Уильям Крукс в 1873 году примерно за 20 лет до практических опытов по беспроводной телеграфной связи посредством электромагнитных волн и за 30 лет до появления международных рекомендаций по использованию этого термина в данной области науки и техники. В любезном нашем Отечестве свою историю радио ведёт от достижений беспроводной радиосвязи и изобретений А.С. Попова. Только среди лицензированных радиолюбителей, работающих в эфире, сотни тысяч имён в России и миллионы – в мире. А тех, кто в разное время и с разной активностью посвящал свой досуг любимому занятию: паял и повторял, усовершенствовал и разрабатывал новые конструкции из радиоэлементов – миллионы были и есть. Имена авторов-конструкторов-радиолюбителей, авторов описаний, составителей сборников статей со схемами – Борноволокова, Кубаркина, Фролова, Кривопапова, Светлакова, Бирюкова и многих других – мы забываем, но вот сейчас хороший повод их вспомнить. Всё это очень разные люди: из разных регионов, с профильным образованием и с приобретённым опытом, но всех их без исключения объединяла любовь к профессии. А скольких талантливых людей они воспитали и дали путевку в жизнь? И не считаешь...

Литература

1. Источники, где в электронном виде можно найти некоторые публикации Э.П. Борноволокова // URL: [http://publ.](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/B/BORNOVOLOKOV_Eduard_Pavlovich/_Bornovolokov_E.P..html)



Рис. 3. Обложка выпуска «В помощь радиолюбителю» № 86 (1986)



Рис. 4. Обложка. Борноволоков Э.П., Кривопапов В.А. «Знай и умей. Военные радиоигры»

- lib.ru/ARCHIVES/B/BORNOVOLOKOV_Eduard_Pavlovich/_Bornovolokov_E.P..html.
2. Борноволоков Э.П., Светлаков Л.И. Электроника для фотолюбителя. М.: Знание, 1963. 62 с.
3. Борноволоков Э.П. Малогабаритные радиоприемники. М.: Знание, 1967 // Новое в жизни, науке, технике. Серия XIV «Радиоэлектроника и связь».
4. Борноволоков Э.П. Путеводитель по журналу «Радио» 1963–1972. М.: Редакция журнала «Радио», 1974.
5. Борноволоков Э.П., Фролов В.В. Радиолюбительские схемы. Киев: Техника, 1985. 264 с.
6. Борноволоков Э.П., Кривопапов В.А. Знай и умей. Военные радиоигры. М.: Детская литература, 1971. 124 с. // Серия «Библиотека пионера «Знай и умей»».



Квантовая криптографическая катастрофа.

Часть 1

Виктор Алексеев (victor.alexeev@gmail.com)

В конце 2001 года в журнале «Nature» была опубликована статья с описанием эксперимента, подтверждающего реальную возможность проведения факторизации больших чисел с помощью квантового компьютера. Эта новость, воспринятая как предупреждение о том, что любые криптографические шифры могут быть легко взломаны с помощью квантового компьютера, мгновенно облетела все научные и популярные издания мира. Во всех странах началась паника. Однако за 21 год, прошедший со времени этой публикации, квантовый релевантный компьютер (CRQC), способный взламывать криптографические шифры, не был создан. Никто точно не может предсказать, когда это может произойти. Несмотря на огромные технические проблемы, постоянно возникающие перед разработчиками, направление квантовых компьютеров интенсивно развивается. В статье описаны основные этапы развития CRQC и показана эволюция самой схмотехнической идеи квантового релевантного компьютера. На заре своего появления первоначальная схема CRQC предполагала использование универсального цифрового квантового компьютера с вентильной обработкой типа IBM-Q. Спустя двадцать лет были разработаны новые технологии, позволяющие реализовать процессы факторизации с помощью других устройств, таких как вариационный квантовый вычислитель собственных значений, вариационный решатель с квантовым отжигом и решатель на базе квантового отжига со встроенным умножителем факторинга. Если в будущем появятся гибридные облачные платформы, объединяющие мощные стандартные компьютеры и специализированные квантовые вычислители разного типа, то возникновение CRQC может наступить раньше, чем его ожидают. В качестве средства борьбы с CRQC сегодня интенсивно разрабатываются системы «постквантовой криптографии». В предыдущих статьях, опубликованных в журнале (№ 7, 8, 9 за 2022 год), были описаны типы современных квантовых компьютеров, принципы их работы, а также приведено объяснение используемых терминов и аббревиатур.

Угроза квантового апокалипсиса

В прошлом году мир отметил двадцатилетнюю годовщину начала квантовой войны с криптографическими системами. В конце декабря 2001 года в журнале «Nature» появилась статья «Experimental realization of Shor's quantum factoring algorithm using nuclear magnetic resonance», посвящённая экспериментальному подтверждению работоспособности алгоритма Шора для проведения факторизации больших чисел с помощью квантового компьютера [1].

Эта новость, воспринятая как предупреждение о том, что асимметричные криптографические системы с открытым ключом могут быть легко взломаны с помощью квантового компьюте-

ра, мгновенно облетела все научные и популярные издания мира, вышедшие под заголовками, похожими на «квантовый компьютер – это страшнее атомной бомбы».

Асимметричное шифрование подразумевает тот факт, что посторонним лицам может быть известен алгоритм шифрования, а также открытый ключ, но неизвестен закрытый ключ, который знает только получатель. Криптографические системы с открытым ключом в настоящее время широко применяются в различных сетевых протоколах, в частности, в протоколах TLS и его предшественнике SSL (лежащих в основе HTTPS), а также SSH, PGP, S/MIME и других.

На данный момент асимметричное шифрование на основе открыто-

го ключа, получившее название «RSA», используется в большинстве продуктов на рынке информационной безопасности [2]. Этот протокол шифрования был разработан фирмой RSA, являющейся одной из ведущих в мире организаций, специализирующихся на криптографических системах [3].

Простейшая формула асимметричного кода с открытым ключом чрезвычайно проста: передающая и принимающая стороны знают два сомножителя большого числа.

В упрощённом виде для того, чтобы взломать код, нужно всего лишь на вход компьютера подать составное число N в двоичной записи, а на выходе получить два простых числа p и q , такие, что $N = pq$. Нужно перебрать весь мыслимый диапазон значений числа N и получить ключи к шифру. Всё просто для небольших значений N .

Однако современные длинные пары ключей содержат так называемые «большие числа». К числу «больших чисел», в частности, относятся RSA-числа [4].

Например, 2048-битная реализация протокола RSA соответствует ключу длиной 617 десятичных цифр. Если пытаться искать простые сомножители этого числа методом перебора, то даже при использовании самых современных компьютеров с бинарной логикой на это потребуются сотни тысяч лет (рис. 1). Наилучшие из известных классических детерминированных алгоритмов факторизации для стандартных компьютеров с бинарной логикой не позволяют решать подобные задачи.

В современной математике есть разделы, которые относятся к классу сложных задач. Они не могут быть решены с помощью современных стандартных цифровых компьютеров с двоичной логикой за «разумное полиномиальное время». К классу таких задач относится так называемая факторизация «больших чисел», которая неразрывно связана с проблемами криптографической безопасности. Достаточно подробно и квалифицированно эти вопросы рассмотрены в публикации [6]. Не сосредотачиваясь на математических деталях пробле-

мы, отметим только основные моменты алгоритма Шора и важность его практической реализации с помощью квантовых компьютеров с вентиляльным управлением. Составные числа, в принципе, можно разложить на простые множители с помощью алгоритма Шора и квантового компьютера, но не абсолютно точно, а лишь с некоторой вероятностью.

С разложением чисел на простые множители, которое в математике называется факторизацией, всё действительно просто для относительно небольших значений N . Однако для больших значений N факторизация даже и в настоящее время представляет заметную проблему современной математики [6].

Для того чтобы привлечь к решению проблемы максимальное число математиков со всего мира, в 1991 году был объявлен конкурс «RSA Factoring Challenge», который официально закончился в 2007 году. В рамках этого конкурса были разложены на простые множители числа вплоть до RSA-768, длиной 768 бит. На разложение этого числа потребовалось почти два года (2007–2009) непрерывной работы сотен мощных стандартных компьютеров с бинарной логикой [7, 8].

В феврале 2020 был завершён рекордный процесс факторизации числа «829-bit RSA». Эти вычисления были выполнены с помощью объединения огромных вычислительных мощностей цифровых компьютеров с двоичной логикой на базе Intel Xeon Gold 6130 при использовании алгоритма Number Field Sieve и программного обеспечения CADO-NFS с открытым исходным кодом.

Общее время вычислений составило примерно 2700 PCY. Термин «PCY – physical core-years» означает эквивалент времени, при котором ЦПУ с одним ядром использовалось непрерывно в течение года [9].

Поскольку современные цифровые компьютеры с двоичной логикой не могут решить задачу для больших чисел за «разумное, полиномиальное время», то факторизация в настоящее время затормозилась в ожидании появления новых вычислительных технологий, среди которых наиболее реальной является идея использования квантового компьютера с вентиляльным управлением и алгоритма Шора для ускорения процесса факторизации больших чисел [10].

В предыдущих статьях, опубликованных в журнале СоЭл [11, 12, 13], было отмечено, что в конце 1990-х годов в научном мире стало приходить понимание принципиальной невозможности создания универсального квантового цифрового компьютера, способного взламывать любые шифры на базе существующих технологий. Для этого необходим был бы квантовый компьютер, содержащий десятки тысяч кубитов. Основным непреодолимым препятствием появления такого устройства стали шумы и проблемы декогерентности квантовых компьютеров с вентиляльной обработкой.

В дальнейшем направление квантовых компьютеров стало развиваться по трём основным сегментам [14, 15]:

- совершенствование технологий универсальных квантовых цифровых компьютеров с вентиляльной обработкой (Universal Digital Quantum Gate Computer UDQGC);
- разработка и производство адиабатических вычислителей с квантовым отжигом (Quantum Annealing Processing Unit – QAPU);
- разработка криптографически релевантного квантового компьютера (Cryptographically Relevant Quantum Computer – CRQC).

В эти годы по всему миру стали появляться проекты создания так называемого «криптографически релевантного квантового компьютера» (Cryptographically Relevant Quantum Computer – CRQC), способного взламывать существующие шифры [14].

На волне паники возникло огромное количество «экспертов» по квантовой физике, которые сходились на том, что с помощью алгоритма Шора теоретический идеальный универсальный квантовый компьютер с вентиляльной обработкой UQGC способен достаточно быстро взламывать большинство используемых тогда асимметричных криптографических схем. Ключевое слово здесь было «идеальный». Но, как оказалось, для достижения этого свойства «идеальности» конструкторам квантового компьютера нужно было преодолеть огромные научные и технологические проблемы, с которыми учёные раньше не сталкивались [15...17]. Например, для того чтобы взломать 256-битный шифр за один день, потребуется универсальный квантовый компьютер современного технологического и научного уровня, но содержащий около 13 мил-



Рис. 1. Для разложения числа 2048-RSA на простые множители с помощью стандартного компьютера с бинарной логикой потребуются сотни тысяч лет непрерывной работы [5]

лионов кубитов. Для сравнения стоит напомнить, что самый мощный из существующих на сегодняшний день квантовых процессоров – IBM Osprey – имеет всего лишь 433 работоспособных кубита [18].

Экспериментальное подтверждение возможности использования квантового компьютера для факторизации больших чисел

В опубликованной в 2001 году в журнале «Nature» статье были приведены результаты первого эксперимента по разложению на множители больших чисел, проведённого с помощью одной из ранних моделей цифрового квантового компьютера типа UDQGC с вентиляльным управлением [1].

В этой работе объединённая группа учёных из исследовательского центра IBM Almaden Research Center и университета Stanford University экспериментально доказала возможность реализации квантового алгоритма факторинга Шора на простейшем примере разложения числа 15 на простые множители.

Напомним, что этот алгоритм демонстрирует теоретическую возможность целочисленной факторизации больших чисел с помощью квантовых вычислений.

Алгоритм Шора представляет собой квантовый алгоритм, позволяющий находить за полиномиальное время с высокой вероятностью множители нечётного составного целого числа $N = pq$.

В общем случае алгоритм Шора включает в себя четыре основных этапа:

- выбор случайного остатка числа « a » по модулю N ;

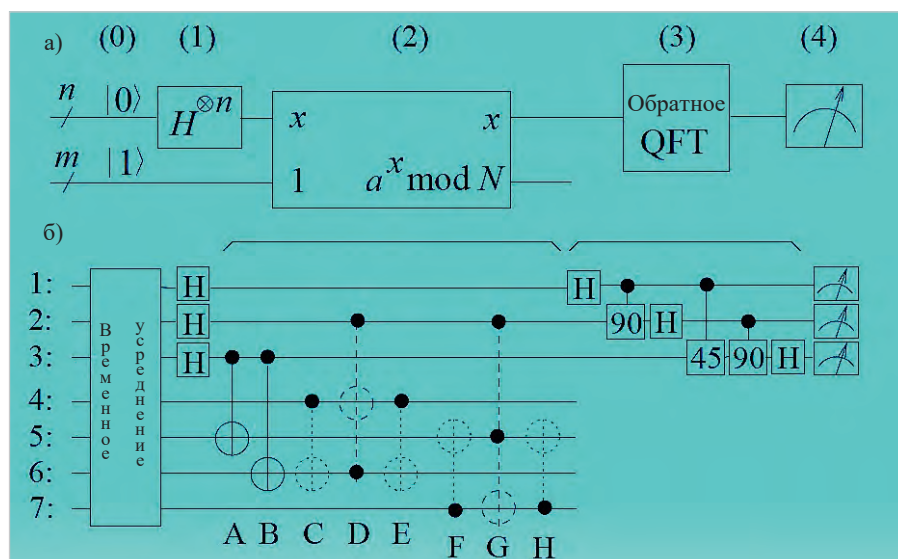


Рис. 2. Схема оригинального эксперимента по факторизации числа «пятнадцать» с помощью квантового компьютера и алгоритма Шора [1]

- проверка наибольшего общего делителя с помощью выражения $\text{НОД}(a, N) = 1$;
- определение порядка r остатка a по модулю N ;
- вычисление $\text{НОД}(a^{r/2} - 1, N)$ в случае, если порядок r является чётным числом.

Следует иметь в виду, что минимальное значение r , при котором a в степени r тождественно равно единице ($\text{mod } N$), называется порядком a по модулю N . Именно в этом смысле в дальнейшем будет употребляться термин «порядок» (order). Порядок r является периодом функции $f(x) = a^x \text{mod } N$.

Наиболее трудным этапом в реализации квантового алгоритма Шора является как раз определение порядка a по модулю N .

В этом эксперименте использовались спиновые кубиты на базе молекул C_4F_5Fe (perfluorobutadienyl iron) с изотопом углерода C^{13} . Лабораторный образец квантового компьютера с ядерным магнитным резонансом позволил реализовать простейший пример факторизации числа «пятнадцать» ($15 = 3 \times 5$) с помощью алгоритма Шора. Следует подчеркнуть, что семь кубитов не позволяли реализовать факторизацию следующего числа без увеличения количества кубитов, что в те времена и при данной конструкции квантового компьютера не представлялось возможным.

Схема оригинального эксперимента по факторизации числа «пятнадцать» с помощью квантового компьютера и алгоритма Шора показана на рис. 2.

Идея эксперимента заключалась в том, чтобы с помощью универсального

квантового компьютера с вентильной обработкой (UDQGC) при использовании квантового преобразования Фурье (Quantum Fourier Transform – QFT), дискретного логарифма (Discrete logarithm – DL) и оператора Адамара (Hadamard operator – H) последовательно перебирать возможные варианты искомым множителей, следуя перечисленным выше шагам алгоритма Шора.

В квантовом алгоритме Шора используется известная процедура квантовой оценки фазы (Quantum Phase Estimation – QPE), а также последнее определение собственного значения для некоторой унитарной матрицы U , соответствующего собственному вектору $|u\rangle$. Задача факторизации при этом сводится к нахождению за полиномиальное время количества битов, целевого числа, порядок которого определяется логарифмом $\log_2 N$. Решив задачу поиска порядка целевого числа с помощью QPE и выполнив несколько дополнительных шагов, можно уже дальше разложить на множители целое число N . В настоящее время неизвестен алгоритм, способный решить эту задачу для «больших чисел» за полиномиальное время с помощью стандартного цифрового компьютера с бинарной логикой SBLC (Standard Binary Logic Computer) [19].

В верхней части на рис. 2 схематически показаны основные этапы эксперимента в соответствии с алгоритмом Шора. В нижней части на рис. 2 приведена детальная квантовая схема эксперимента для числа $N = 15$ и количества кубитов $a = 7$.

На рис. 2 квадратиками обозначены вентили определённых операторов. Например, «H» – оператор Адамара, а «45» и «90» – это унитарные гейты вращения кубитов.

Операция QFT (Quantum Fourier Transform) позволяет разложить заданную матрицу в произведение более простых унитарных матриц. Оператор Адамара используется в качестве разделителя кубита на его возможные состояния. Решение задачи ищется в форме дискретного логарифма. Функцию HD выполняют соответствующие вентили (Hadamard quantum gate – H). Фактически оператор H разделяет кубит на равновероятные состояния. Например, если кубит соответствовал состоянию ноль, то H переведёт его в суперпозицию между нулём и единицей. После окончания процесса в тот момент, когда будет производиться измерение кубита, он случайным образом может оказаться как в нуле, так и в единице.

Функционально квантовый процесс вычислений состоит из четырёх последовательных этапов, включающих задание начального состояния термического равновесия для семи кубитов, дискретное логарифмирование, квантовое преобразование Фурье, измерение конечных состояний.

В соответствии с алгоритмом Шора, в котором рассматриваются только чётные порядки, инициализация начиналась со значения первого регистра, равного $n = 2[\log_2 N]$ (где n – количество кубитов, N – целевое число процесса факторизации). Во второй регистр записывалось значение $m = 2[\log_2 N]$ и т.д. На следующем этапе оператор Адамара применялся к первым «n» кубитам. Далее второй регистр умножался на функцию $[f(x) = a^x \text{mod } N]$, где $a < N$ не имеет общих множителей с N . Затем выполнялось обратное квантовое преобразование Фурье (QFT) на первом регистре. На последнем четвёртом этапе проводилось измерение состояний первого регистра.

Необходимо особо подчеркнуть, что в использованной схеме перебора значений для реализации операции QFT необходимо такое количество вентилей H, которое будет кратно квадрату количества вычислительных кубитов (n^2). При использовании стандартного компьютера с двоичной логикой для разложения числа в ряд с помощью преобразования Фурье потребуется количество управляемых ячеек памяти, кратное

2^n , что экспоненциально больше, чем количество квантовых вентилях Адамара (**H**), необходимых для операции квантового преобразования Фурье QFT с помощью квантового UDQGC. Благодаря тому, что кубиты имеют три возможных состояния и обладают свойством квантовой запутанности, а кроме того, изменения их квантовых состояний происходят практически мгновенно и параллельно, использование квантового UDQGC позволяет многократно увеличить скорости вычисления в задачах, решаемых методом перебора, по сравнению со стандартными компьютерами с двоичной логикой SDCBL.

В то же время следует отметить хорошее совпадение между измеренными и смоделированными спектрами, которое продемонстрировало надёжность полученных результатов и перспективность работ в данной области. Подробно пример разложения числа 15 на простые множители с помощью современного компьютера IBM рассмотрен на сайте [20].

Сегодня пример разложения числа «15» на простые множители может повторить любой желающий самостоятельно в онлайн-режиме с использованием симулятора современного квантового компьютера IBM и усовершенствованных алгоритмов обработки [21]. Однако двадцать лет назад результаты работы авторского коллектива учёных и инженеров в составе Ливена Вандерсипена (Lieven M.K. Vandersypen), Матиаса Штеффена (Matthias Steffen), Грегори Брейта (Gregory Breyta), Костантино С. Яннони (Costantino S. Yannoni), Марка Х. Шервуда (Mark H. Sherwood) и Исаака Л. Чуанга (Isaac L. Chuang) вызвали ошеломляющий эффект во всём мире. Этот эксперимент, доказавший возможность практического использования квантового компьютера для факторизации больших чисел с помощью ранее опубликованного теоретического протокола Шора, стал краеугольным камнем данного направления. Кроме того, в этой работе были сделаны выводы о значении декогеренции кубитов как основного источника ошибок, ограничивающих вычислительные возможности квантового компьютера с вентильным управлением.

Во многом шокирующий эффект статьи был спровоцирован первыми комментариями околонуточных таблоидов и слухами о грозящем крахе секрет-

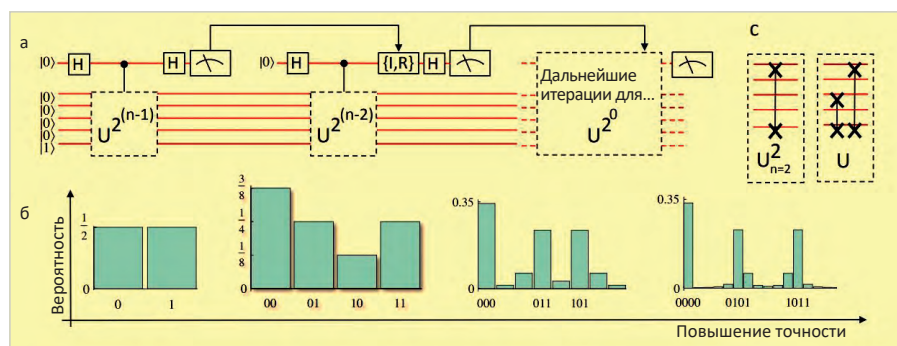


Рис. 3. Схема квантового алгоритма итеративного поиска порядка факторизации числа двадцать один [21]

ности любых шифров. Практически в первые годы после этой публикации во всех развитых странах мира началось невиданное финансирование научных проектов, связанных с квантовыми компьютерами. Первые успехи использования квантового компьютера для разложения чисел на простые множители стали мощным стимулом того, что в разных концах света как грибы после дождя начали появляться сотни новых лабораторий, которые с огромным энтузиазмом взялись за развитие квантовых вычислений. Начался поиск путей создания так называемого «криптографически релевантного квантового компьютера» (Cryptographically Relevant Quantum Computer – CRQC), способного взламывать шифры с открытым кодом.

В дальнейшем концепция CRQC развивалась по двум направлениям. С одной стороны, разрабатывались чисто технические вопросы кубитов и квантовых компьютеров. С другой, продолжались поиски новых квантовых алгоритмов, необходимых для факторизации больших чисел.

В 2012 году была предложена концепция алгоритма факторизации целого числа 21, в которой вместо схемы последовательного перебора использовалась итеративная схема [22].

На рис. 3 приведена схема алгоритма итеративного поиска порядка факторизации числа двадцать один. Квадратиками на рис. 3 обозначены соответствующие квантовые логические вентили (**H**, **R**, **U**, **I**).

В использованной итеративной версии алгоритма поиска порядка числа (iterative version of the order finding algorithm) регистр управления содержит только один кубит. В процессе вычислений этот кубит повторно и многократно используется n раз. При этом на каждой итерации реализуются измерения и новые настройки параме-

тров. Такой метод обеспечивает дополнительный бит точности.

В этой работе итерационная версия алгоритма нахождения порядка вместо одновременного выполнения преобразования Фурье для всех кубитов регистра управления использует измерение когерентности между вычислительными базисными состояниями отдельных кубитов в регистре управления. Измерение управляющего кубита после каждого контролируемого унитарного числа даёт следующий старший бит на выходе, и результат передаётся на итерированное (квази-классическое) преобразование Фурье, которое применяет либо тождественную операцию **I**, либо соответствующий фазовый вентиль **R**, предшествующий Адамару **H**. В зависимости от предыдущего результата вычислений, переход к следующему этапу определялся с учётом фазовой когерентности следующего измерения.

При таком подходе управляющий регистр не может обслуживать более одного кубита одновременно. Все унитарные операции, контролируемые i -м управляющим кубитом, выполняются раньше, чем операции, которые обусловлены $(i+1)$ -м управляющим кубитом. Таким образом, операции с i -м кубитом могут быть выполнены до того, как будет инициализирован $(i+1)$ -й кубит. Поэтому один управляющий кубит может быть использован повторно. При этом состояние рабочего регистра обновляется на каждом новом этапе итераций.

Как видно из рис. 3 (б), чем больше число итераций, тем выше точность. Итерационный метод позволяет в принципе значительно сократить количество рабочих кубитов за счёт уменьшения количества управляющих кубитов. Однако по мере уменьшения количества управляющих кубитов или итераций n точность вычислений

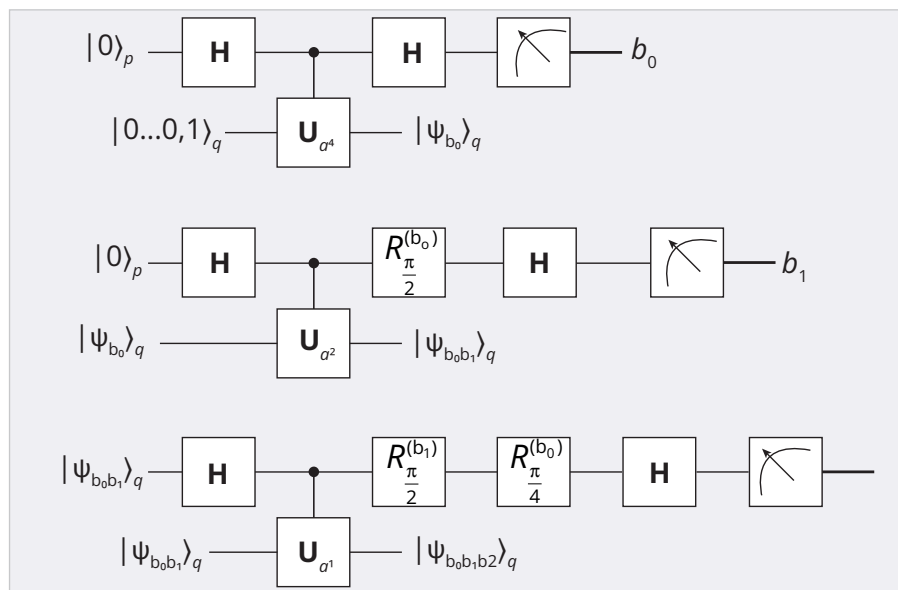


Рис. 4. Схема факторизации чисел 15, 17, 35 на квантовом процессоре *ibmqx5* с использованием модифицированного алгоритма Шора [23]

снижается, и пики k в распределении вероятностей становятся размытыми, как это показано на рис. 2 (б). Однако в случае, когда порядок равен степени числа два и $r = 2p$, пики вероятностей точно соответствуют логическим состояниям кубитов.

Необходимо подчеркнуть, что в этой работе была продемонстрирована только принципиальная возможность самого метода с использованием лабораторного макета кубитов. Фактически процесса факторинга как такового здесь не наблюдалось из-за небольшого количества итераций.

Первоначальная идея CRQC заключалась в использовании алгоритма факторизации именно на универсальном квантовом компьютере с вентилями. В этом смысле подобный эксперимент был проведён только в 2019 году, когда стал доступен компилятор IBM лидера группы квантовых вентиляльных компьютеров типа UDQG.

Для факторизации чисел 15, 21 и 35 на квантовом процессоре IBM в этой работе были применены итеративная схема и метод объединения результатов [23].

В качестве аппаратной части был задействован квантовый процессор «IBM *ibmqx5*» с шестнадцатью сверхпроводящими кубитами, распределёнными на плоскости в виде двух соседних массивов по восемь штук в каждом. Схема факторизации чисел 15, 21, 35 на квантовом процессоре *ibmqx5* с использованием модифицированного алгоритма Шора показана на рис. 4.

Практически в этом эксперименте использовался гибридный алгоритм, согласно которому вся схема разделена на три составные части. Каждая схема содержит отдельный этап модульной обработки и измерения состояния регистров каждого периода. Объединение этих отдельных этапов реализовано с помощью классического алгоритма. При этом сначала определяется квантовое состояние вычислительного регистра в конце предыдущей схемы, которое затем передаётся в качестве входных данных на следующий контур. Такая гибридная схема снижает ресурсоёмкость алгоритма за счёт выполнения частей задачи оптимизированными способами и факторизации задачи в целом на основе алгоритма Шора.

Идея разбиения общей задачи факторизации на мелкие фрагменты с последующей обработкой каждого из них по отдельности наиболее эффективным способом была реализована с использованием метода «вариационного квантового вычислителя собственных значений» (Variational Quantum Eigensolver – VQE). Этот квантовый вычислитель мы рассмотрели в предыдущем номере журнала [24].

Вариационный квантовый вычислитель собственных значений (VQE) был разработан специально для получения вероятностных оценок основных состояний (eigensolvers) сложных квантовых систем с использованием вариационного метода (variational) на базе универсальных цифровых вентиляльных квантовых компьютеров (UDGQC) и

стандартных цифровых компьютеров с двоичной логикой (SBLC) [25].

Основным назначением VQE было решение оптимизационных задач методом вариационного поиска основных состояний квантовой системы. Особо следует подчеркнуть, что метод VQE был разработан для квантовых логарифмов, предназначенных для решения трудных задач типа NP, таких, например, как модель Изинга. Наиболее подробно VQE-метод описан в одной из последних публикаций 2022 года [26].

Вариационные квантовые решатели основных состояний (VQE) фактически представляют собой симбиоз классического и квантового компьютеров. При этом роли между ними распределяются следующим образом. Стандартный компьютер с бинарной логикой (SBLC) производит градиентный поиск в пространстве всех возможных аргументов функций, для которых нужно найти основные состояния или, говоря другими словами, минимальные значения гамильтониана. В свою очередь, квантовый компьютер (UDGQC) определяет мгновенные значения гамильтониана системы и находит с некоторой вероятностью его основное (наименьшее) значение.

Одним из основных моментов в теории VQE является хорошо известный «вариационный метод», который позволяет упростить сложную задачу на начальном этапе её решения с целью получения некоего начального оценочного результата. Вместо задачи с многочисленными неизвестными варьируемыми параметрами в качестве первого пробного варианта используют какую-нибудь упрощённую функцию с небольшим количеством параметров. При этом ожидаемое значение гамильтониана, вычисленного в пробном состоянии, оценивается в рамках VQE как целевая функция. Шаг за шагом, варьируя параметры, на каждом из следующих этапов вычисления получают результат, максимально соответствующий искомой функции.

Как правило, опытному специалисту, знакомому с предметом, удаётся найти такие простые подстановочные функции (ansatz), которые позволяют успешно аппроксимировать минимальное значение гамильтониана.

Таким образом, упрощённый процесс вычислений с помощью VQE можно представить как разделение ролей между стандартным и квантовым ком-

пьютерами. Стандартный классический компьютер с двоичной логикой (SCBL) определяет пробную функцию (ansatz) и характеризующие её параметры.

Затем этот классический компьютер связывается через соответствующий интерфейс с одним из универсальных цифровых квантовых компьютеров с вентильным управлением (UDGQC), который вычисляет с определённой долей вероятности мгновенные значения гамильтониана в заданных промежуточных точках. Вычисленные значения возвращаются обратно на стандартный компьютер SCBL в виде классических битовых строк. Это взаимодействие может быть итеративным. В таком варианте стандартный компьютер SCBL периодически посылает сигналы связи и управления квантовому компьютеру, например, предлагая новые значения параметров для использования в параметризованной квантовой схеме.

Пробная эвристическая функция «ansatz» (анзац), имеющая несколько параметров, позволяет варьировать её поведение в широком диапазоне. Зная, что, хотя бы примерно, хотелось бы получить на выходе, можно на основе имеющегося опыта предположить, какого именно типа целевую функцию следует искать. Чем точнее первое предположение (ansatz), тем удачнее будет окончательное решение.

Нужно напомнить, что современные универсальные цифровые компьютеры с вентильным управлением представляют собой грандиозные технические сооружения, оснащённые мощными криогенными установками и сложнейшей электроникой. Эти уникальные устройства стоимостью сотни миллионов долларов могут позволить себе поддерживать и развивать лишь несколько промышленных гигантов в мире, таких как IBM, Google, Microsoft's Azure Quantum.

Продолжение статьи читайте в следующем номере журнала.

Литература

- URL: <https://www.nature.com/articles/414883a>
- URL: <https://e-nigma.ru/stat/rsa/>
- URL: <https://www.rsa.com/company/>
- URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RSA-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B0>
- URL: <https://www.istockphoto.com/photos/dance-floor-texture>
- URL: https://www.researchgate.net/publication/330369215_Factorising_large_numbers
- URL: <https://eprint.iacr.org/2010/006.pdf>
- URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RSA-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B0>
- URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/cybernews/abbreviations.htm>
- URL: <http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608150589788.pdf>
- URL: <https://catalog-n.com/sovremennaya-ehlektronika-7-2022#sovremennaya-ehlektronika-7-2022-26>
- URL: <https://catalog-n.com/sovremennaya-ehlektronika-8-2022#sovremennaya-ehlektronika-8-2022-26>
- URL: <https://catalog-n.com/sovremennaya-ehlektronika-9-2022#sovremennaya-ehlektronika-9-2022-09>
- URL: <https://www.xsoccorp.com/post/are-cryptographically-relevant-quantum-computers-prepared-to-disrupt-classical-encryption>
- URL: https://www.washingtonpost.com/world/national-security/nsa-seeks-to-build-quantum-computer-that-could-crack-most-types-of-encryption/2014/01/02/8fff297e-7195-11e3-8def-a33011492df2_story.html
- URL: <https://www.express.co.uk/news/science/841491/hacking-encryption-quantum-computer-physics>
- URL: <https://www.cyber.gov.au/acsc/view-all-content/publications/post-quantum-cryptography>
- URL: <https://newsroom.ibm.com/2022-11-09-IBM-Unveils-400-Qubit-Plus-Quantum-Processor-and-Next-Generation-IBM-Quantum-System-Two>
- URL: <https://homepages.cwi.nl/~rdewolf/qcnotes.pdf>
- URL: https://users.math-cs.spbu.ru/~okhotin/teaching/quantum_2020/migrin_ivanov_quantum_2020_shor.pdf
- URL: <https://quantum-computing.ibm.com>
- URL: <https://arxiv.org/pdf/1111.4147.pdf>
- URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.00768.pdf>
- URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/2/023023>
- URL: <https://www.nature.com/articles/ncomms5213>
- URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370157322003118>
- URL: <https://www.techspot.com/news/96603-ibm-announces-osprey-quantum-processor-433-qubits.html>
- URL: <https://www.nature.com/articles/s41534-021-00478-z>
- URL: <https://arxiv.org/abs/1411.4028v1>
- URL: https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1038%2Fs41534-021-00478-z/MediaObjects/41534_2021_478_MOESM1_ESM.pdf
- URL: <https://arxiv.org/abs/1812.01041>
- URL: <https://www.dwavesys.com/solutions-and-products/systems/>
- URL: <https://journals.jps.jp/doi/abs/10.7566/JPSJ.88.061012>
- URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2106/2106.08681.pdf>
- URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17867-9>
- URL: <https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.80.052506>
- URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-66879-4_283
- URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17867-9#Sec12>
- URL: <https://www.technologyreview.com/2019/07/12/134211/explainer-what-is-post-quantum-cryptography/>
- URL: <https://www.forbes.com/sites/arthurherman/2021/12/09/booz-allen-sounds-the-alarm-on-chinas-coming-quantum-harvest/?sh=25c373e653e5>
- URL: <https://www.xsoccorp.com/company>
- URL: <https://techmonitor.ai/technology/emerging-technology/post-quantum-encryption-threat-already-here>
- URL: <https://www.etsi.org/events/2117-2023-02-9th-etsi-igc-quantum-safe-cryptography-workshop>
- URL: <https://www.controlgap.com/blog/quantum-cryptography-for-risk-managers>
- URL: <https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Projects/stateful-hash-based-signatures/documents/stateful-HBS-misuse-resistance-public-comments-April2019.pdf>
- URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-25510-7_12
- URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6281621/>
- URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3402192>
- URL: <https://openquantumsafe.org/about/>
- URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.02176.pdf>
- URL: https://www.ibm.com/cloud/blog/introducing-quantum-safe-crypto-tls-for-ibm-key-protect?mhsr=ibmsearch_a&mhq=Quantum-Safe
- URL: <https://www.ibm.com/products/z16>
- URL: <https://cloud.google.com/blog/products/identity-security/how-google-is-preparing-for-a-post-quantum-world>
- URL: <https://www.nist.gov/news-events/news/2022/07/nist-announces-first-four-quantum-resistant-cryptographic-algorithms>
- URL: <https://pq-crystals.org/kyber/>
- URL: <https://pq-crystals.org/dilithium/>
- URL: <https://falcon-sign.info/>
- URL: <https://sphincs.org/>
- URL: <https://cloud.google.com/blog/products/identity-security/how-google-is-preparing-for-a-post-quantum-world>
- URL: <https://openquantumsafe.org/about/>
- URL: <https://openquantumsafe.org/applications/>
- URL: <https://hub.docker.com/r/openquantumsafe/curl-dev>

Датчики-сканеры отпечатков пальцев в устройствах биоидентификации. Обзор и перспективы

Андрей Ласорла

В современном «турбулентно меняющемся» мире системы аутентификации и безопасности сталкиваются с новыми вызовами. Повсеместно растут требования по совершенствованию устройств идентификации личности. В связи с этим биометрические технологии стремительно развиваются. Среди них особое место занимают устройства сканирования и преобразования в цифровой вид отпечатков пальцев (далее – сканеры).

За 20 лет от оптической FTIR и ёмкостной, и позже технологии FingerChip (тепловые датчики), эволюция сканеров достигла апогея в наши дни, когда сканеры вмонтированы в СКУД и электронные замки разного назначения, а сканирование может осуществляться бесконтактным, в том числе ультразвуковым методом. На бытовом уровне с помощью программно-реализованных сканеров идентифицируют доступ к функционалу компьютеров и смартфонов, КПК (функционал – контроль доступа, защита персональных данных и модели электронного бизнеса), к электронному оборудованию бытового назначения с программируемым доступом и индивидуальными настройками – телевизоры, банкоматы и POS (в том числе для замены PIN), доступ в дома, помещения, автомобили и др.

Биометрия отпечатков пальцев эффективна ввиду её уникальности и постоянства образцов. Есть небольшой (до 3%) процент пользователей, которые не могут воспользоваться биометрической аутентификацией и быть идентифицированы по дактилоскопическому принципу оттого, что у них не читается отпечаток пальца. Для этих случаев, а также в сочетании со сканированием отпечатков, предусмотрена комплексная аутентификация с помощью видеоконтроля, распознавания лица, сетчатки глаз, рисунка вен ладони, голосовых и других спектро-анализаторов. Аутентификация активно используется не только в быту (частных), коммерческих (СКУД и электронные замки), но и государственных структурах – для контроля доступа к

информации, через персонализацию пользователя, контроля перемещения лиц, к примеру, пограничный и таможенный контроль, и во многих других случаях. Комплексная аутентификация с помощью биометрического сканирования и «ручного» введения PIN много лет применяется в банковской сфере, на удалённых терминалах-банкоматах, везде, где ошибки аутентификации слишком дорого обходятся, а потому должны быть минимизированы.

Ошибки идентификации условно можно разделить на две категории. Первая из них – FAR (False Access Rate) – когда человека нет в базе, но электронная система-анализатор определяет и относит отсканированный код к человеку, присутствующему в базе. И вторая – FRR (False Reject Rate) – ошибки другого рода, когда в электронном виде данные человека имеются в базе, но он не определён по техническим причинам, в частности, из-за неудовлетворительного качества (загрязнения) оборудования. Отказы системы доступа и идентификации зависят от некачественной работы сканера. При этом задачи идентификации и задачи верификации, стоящие перед системой, – разные. По-разному устанавливаются пороги чувствительности оборудования, по-разному организована оптимизация и поиск ключевых точек при биометрическом сканировании. Отсюда очевидно, что комплексная аутентификация решает эти задачи лучше, поэтому она и используется в ответственных случаях, а не только биометрическая. И, в частности, не только сканирование по дактилоскопическому принципу.

Сканирование отпечатков – отдельный тип биометрии, характеризующийся тем, что данные конкретного пользователя считываются сканером, папиллярный индивидуальный рисунок с помощью электронного оборудования преобразуется в электрический ток, с помощью встроенного АЦП «картинка» уже в цифровом виде поступает на сервер (совмещённый или удалённый), где анализируется – сопоставляется с цифровым видом «картинки»-эталона (сравниваются два отпечатка пальца), имеющейся в базе данных. При совпадении данных ординара и считанного отпечатка вырабатывается команда на разрешение доступа конкретной персоналии. И (или) в зависимости от задач – данные о персоналии с добавлением в реальном времени момента и места сканирования фиксируются и далее хранятся в памяти удалённого сервера. По определению дактилоскопического принципа идентификации ошибки сравнения двух последовательностей цифровых кодов минимальны. Так работает система электронного сканирования и сравнения отпечатков, важным элементом которой является терминал-считыватель непосредственно с датчиком. Для стабильности и надёжности всей системы к датчику предъявляются определённые требования. Для контактных датчиков устойчивость к «истиранию» определяет долговременность эксплуатации: современные датчики имеют ресурс более 1 000 000 сканирований. Это обеспечивается нанесением специального защитного слоя на рабочую поверхность датчика. Принцип работы сканера отпечатков представлен на рис. 1.

Для иллюстрации к популярным портативным считывателям на рис. 2 представлен внешний вид сканера отпечатков пальцев по технологии FingerChip Digital Persona. Датчик выглядит как чип-на-плате (COB) с 20-pin разъёмом.

Технические характеристики рассматриваемого датчика AT77C101B Atmel

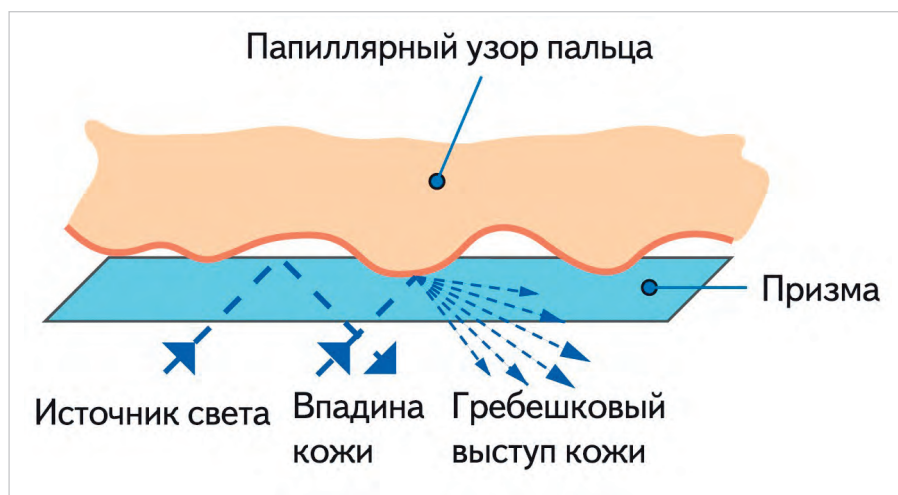


Рис. 2. Сканер отпечатков по технологии FingerChip

Рис. 1. Общий принцип работы сканера отпечатков

Таблица 1. Технические характеристики датчиков отпечатков пальцев ATMEL и FUJITSU

Тип	Разрешение	Кол-во пикселей	Размер области считывания, мм	Рабочая Т, °С	Напряжение питания, В	Потребляемая мощность/ток	Размер корпуса, мм
AT77C101B	500 dpi	280×8	14×0,4	0...+70	3–5,5	20 мВт при U = 3,3 В, раб. частоте 1 МГц и T = 25°C	COB6, COB с разъёмом, CDIP-20 26,6×9 (COB)
MBF110	500 dpi	300×300	15×15	0...+60	3,3–5	170 мВт при 40 МГц	LQFP-80, VSPA-80 24×24
MBF200	500 dpi	256×300	12,8×15	–20...+85	3,3–5	20 мА	LQFP-80 24×24×1,4
MBF300	500 dpi	256×32	12,8×0,2	0...+60	2,8–5	20 мА	FBGA-54, FLGA-54 14×4,3×1,2
MBF310	500 dpi	218×8	12,8×0,2	–20...+85	2,7–3,6	12 мА	FBGA-42 16,1×6,5×1,2

представлены на сайте производителя, а также в табл. 1. Дополнительные особенности датчика: чувствительный слой поверх КМОП-матрицы 0,8 мкм, массив изображений 8×280 = 2240 пикселей, защита от электростатического разряда > 15 кВ.

Среди подключаемых с помощью кабеля компактных и портативных считывателей (они похожи по фактору и функционалу, отличаюсь только моделями и качеством датчика, следовательно, и разрешением сканируемого изображения), модель, приведённая на рис. 1, является востребованной для разработчиков РЭА и часто применяется в современных системах контроля. На рис. 3 представлен внешний вид датчика AT77C101B.

В табл. 1 представлены некоторые технические характеристики датчиков отпечатков пальцев ATMEL и FUJITSU. На рис. 4 представлена распиновка разъёма для датчика AT77C101B-CB02V (Atmel).

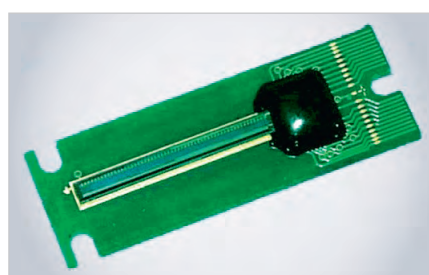


Рис. 3. Внешний вид датчика AT77C101B-CB02V (Atmel)

Считыватели по технологии FingerChip надёжно защищены от электростатических разрядов с напряжением до 16 кВ. На плате датчика AT77C101B-CB02V реализован встроенный тактовый генератор с функцией сброса, предусмотрен экономичный «спящий» режим, когда температурная стабилизация отключается, а выходы управляющих сигналов (выходные линии) переведены в состояние высокого импеданса. В спящем режиме ток потребления ограничивается лишь током утечки. При сканирова-

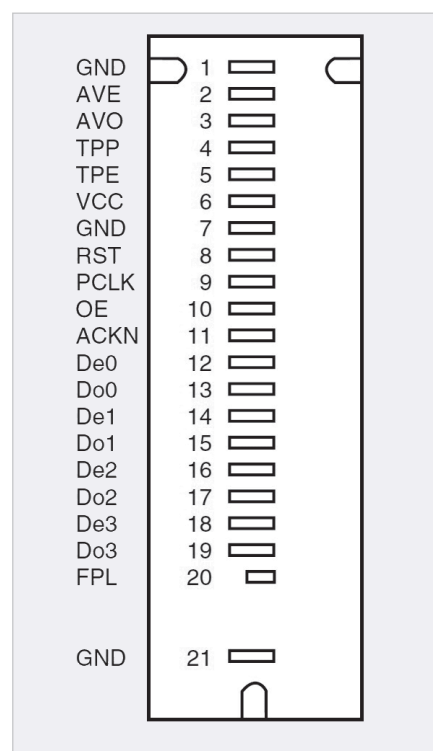


Рис. 4. Распиновка разъёма для датчика AT77C101B-CB02V (Atmel)

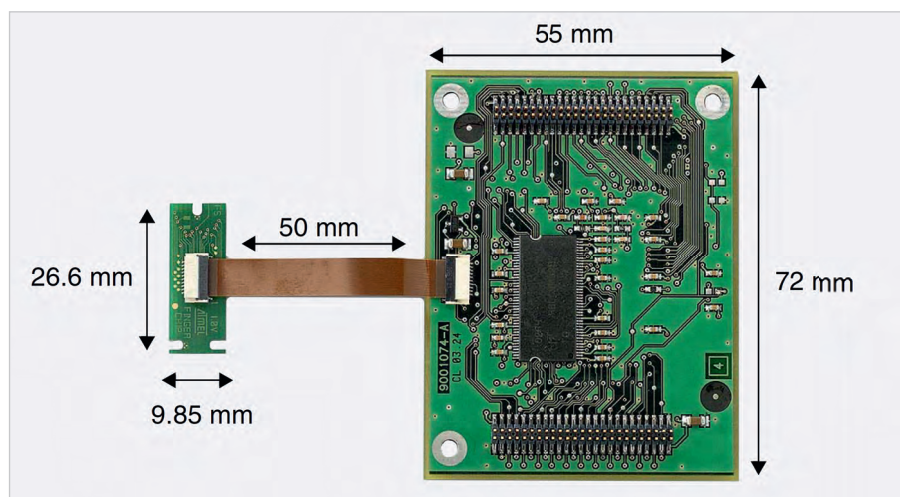


Рис. 5. Внешний вид биометрического модуля AT77SM0101BCB02VKE Atmel

нии, когда разница температур между пальцем и датчиком становится незначительной (менее одного градуса), включается температурная стабилизация. Интеграция температурного метода получения изображения, поккадрового восстановления изображения, интеграция схем считывания и преобразования изображения на одной КМОП-подложке снижает стоимость устройства, энергопотребление и увеличивает скорость формирования данных и их передачи на сервер. Ещё лучшие характеристики имеет биометрический сенсор-сканер AT77SM0101BCB02VKE (рис. 5), построенный на базе 32-разрядного микроконтроллера Atmel AT91RM9200.

Биометрический модуль AT77SM0101BCB02VKE также основан на датчике отпечатков пальцев FingerChip от Atmel, который подключается к плате на основе микропроцессора AT91RM9200 на базе ARM9.

С модулем биометрии AT77SM0101BCB02VKE сочетается базовая плата с блоком питания и разъёмами (Ethernet, USB, RS-232, внешней Flash-памяти CompactFlash, SmartMedia, NAND Flash, смарт-карты ISO7816), коммутационный кабель, ПО для Windows и SDK для Linux. Подключение к материнской плате осуществляется через два стандартных разъёма, расположенных по бокам платы модуля. Модуль загружен операционной системой Linux, драйвером Atmel для датчика FingerChip и, по умолчанию, ПО аутентификации (биометрической библиотекой) для извлечения характеристик отпечатков пальцев и сравнения с зарегистрированными шаблонами (bio-engine). AT77SM0101BCB02VKE обеспечивает

регистрацию формирования в цифровой вид и регистрацию отпечатка со следующими характеристиками.

- Подключение: через USB-порт 2.0, 3.0 (Full Speed)
- Разрешение: 700 dpi (average x,y over the field)
- Условия сканирования: 8-bit grayscale
- Размер окна сканирования: 14,6 мм (nom. width at center), 18,1 мм (nom. length)
- Уверенная работа в диапазоне температур: 0...+40°C

На основе сенсор-сканера AT77SM0101BCB02VKE реализован водонепроницаемый дверной замок, в 23-м году XXI века устройство распространено в быту и на производстве. Иллюстрация замка LPSECURITY представлена на рис. 6.

Устройство управляет ЭМ-замком с помощью одного слаботочного ЭМ-реле (NO, NC, Common) и обеспечивает контроль доступа по отпечаткам пальцев со следующими особенностями. Металлический водонепроницаемый корпус соответствует классу защиты IP66 и поддерживает до 100 отпечатков и 3000 карт (125 кГц EM-card) на расстоянии считывания 2 см. Имеет режим защёлки, чтобы держать дверь или ворота открытыми, трёхцветный светодиодный индикатор состояния и следующие технические характеристики.

- Рабочее напряжение DC: 9...18 В
- Ток ожидания/действия: $\leq 25 / \leq 100$ mA
- Регулируемое время выхода реле: 0...99 с (по умолчанию 5 с)
- Блокировка выходной нагрузки: макс. ток 2 А
- Рабочая температура: -25...60°C
- Рабочая влажность: 20...98% RH
- Размеры: 115×40×30 мм



Рис. 6. Внешний вид водонепроницаемого дверного замка LPSECURITY с сенсор-сканером AT77SM0101BCB02VKE

Микроэлектромеханический и трёхмерный метод

Микроэлектромеханический метод (MEMS) по состоянию в промежуточной стадии между научно-исследовательскими разработками и внедрением. Для определения выступов и впадин отпечатка пальца разработана матрица микромеханических датчиков, идёт работа над повышением стабильности считывания. Сканировать подушечки пальцев в трёх измерениях можно с помощью ультразвука. На рис. 7 представлена схема, иллюстрирующая такое сканирование.

Принцип работы датчика сродни функционалу медицинских УЗИ-систем. Трёхмерный отпечаток пальца содержит информацию о микровпадинах и выступах, а также о неглубоком подкожном слое. Сия технология признана более надёжной в сравнении с другими сканерами отпечатков – с двухмерным сканированием. Практический пример: после купания в бассейне, а иногда при длительном нахождении руки в любой водной среде встроенный двухмерный сканер iPhone 5s не распознаёт отпечатки — кожа на пальцах сморщивается. Трёхмерному датчику такое изменение папиллярного рисунка не помеха.

Датчик с рабочим напряжением всего 1,8 В (что позволяет использовать в качестве источника питания даже ионистор) основан на технологии мас-

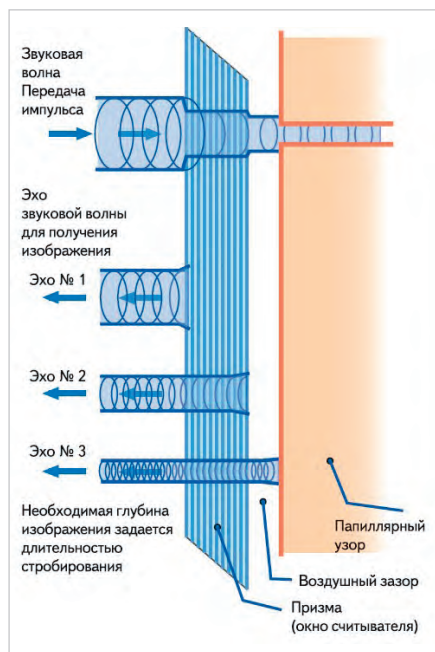


Рис. 7. Схема сканирования ультразвуковым методом

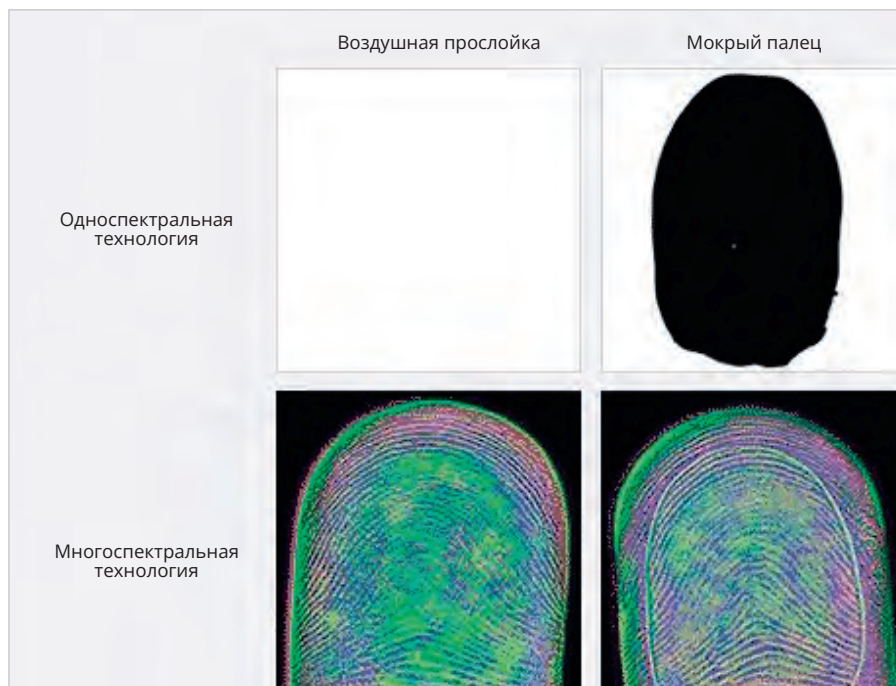


Рис. 8. Отличие одно- и многоспектральной технологии сканирования

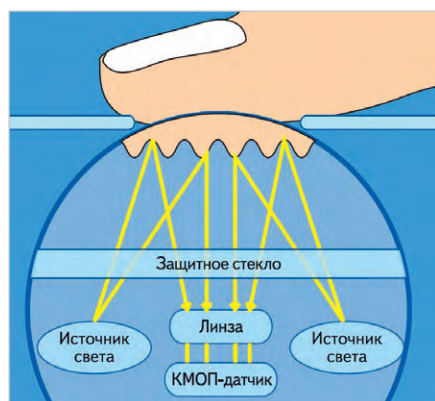


Рис. 9. Иллюстрация ёмкостного принципа считывания отпечатков пальцев

сиров пьезоэлектрических микро-ультразвуковых преобразователей PMUT (piezoelectric-micromachined ultrasonic transducers). По сути, это интеграционная микро-электромеханическая система (МЭМС) с микроэлектронными и микромеханическими элементами. Датчик-сканер состоит из двух полупроводниковых пластин – МЭМС, обеспечивающий функционал излучения/отражения ультразвуковых волн и контура обработки сигнала. Так, передатчик отправляет ультразвуковые импульсы, приёмник улавливает отражённый от рельефа отпечатка ультразвук (рис. 7). Трёхмерное изображение – более надёжный метод аутентификации, чем обработка двумерных изображений. Перспектива применения сканера огромна и почти универсальна.

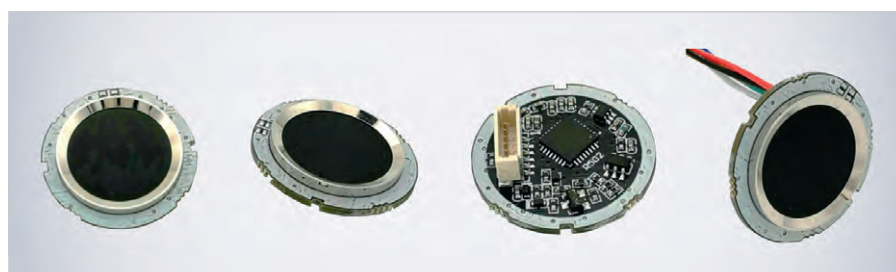


Рис. 10. Внешний вид сканера R502

Сканеры фирм Lumidigm (США) модельного ряда M301 (M30x) и NEC (Япония) доказали устойчивость к муляжам. Такие устройства имеют два сканера. Первый работает с многоспектральным излучением, проникающим под кожу. Второй встроенный сканер использует не только изображение отпечатка, но и рисунок вен. Если даже моделировать муляж на узор отпечатка, к примеру, на полимерных плёнках и материалах, из которых изготавливают «бюджетные» оттиски – дубликаты печатей, то узор вен не заменить.

Оптический многоспектральный сенсор отпечатков пальца значительно эффективнее одно- и двухспектрального. Это наглядно проиллюстрировано на рис. 8.

Современное оборудование. Отличительные признаки

Как компактное устройство, заслуживает внимания круглый ёмкостный модуль отпечатков пальцев R502. Сканер отличается относительно боль-

шая площадь сканирования, экономичный биометрический датчик, двухцветный кольцевой индикатор со светодиодным управлением. Типовой ряд модулей-считывателей R502 состоит из моделей R502A, R502F, R502AB, R502S, R503. Модель с индексом «F» создана для коммутации с интерфейсом RS-232, остальные – URAT (USB). Вес модулей от 5 до 30 г, рабочая поверхность сканирования 15 мм, у всех «выходная» картинка имеет разрешение 508 DPI. Ёмкостный принцип считывания отпечатков представлен на рис. 9, на рис. 10 представлен внешний вид сканера R502.

На рис. 11 представлен вид готового устройства датчика R502 с исполнительным узлом, управляющим электромагнитным замком в триггерном режиме.

Основные функции ёмкостного модуля отпечатков модели R311 отличаются высокоскоростным алгоритмом идентификации отпечатков и функцией самостоятельного обучения. Внешний вид модуля представлен на рис. 12.



Рис. 11. Вид готового устройства датчика R502 с исполнительным узлом, управляющим электромагнитным замком в триггерном режиме

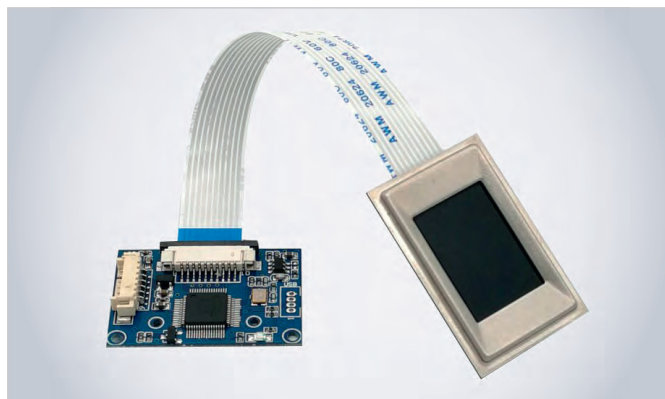


Рис. 12. Внешний вид считывателя R311

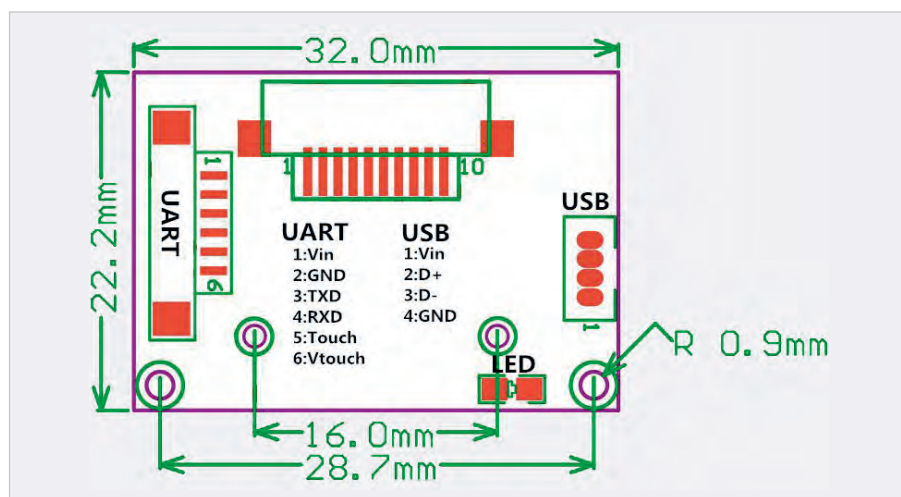


Рис. 13. Схематичный вид платы датчика R311 с распиновкой коммутационного разъема

Ниже приведены технические характеристики рассматриваемого модуля.

- Интерфейс связи: (2.0, 3.0), UART (RS-232 TTL)
- Функция считывания/записи отпечатков пальцев
- Настройка уровня безопасности
- Возможность установки BaudRate / идентификатор устройства / пароль устройства
- Операционная система: Windows 98, Me, NT4.0, 2000, XP, WIN 7, Android
- Разрешение: 508 DPI
- Питание: DC 4,2...6 В
- Ёмкость эталонов отпечатков: 1000
- Зондирующий массив: 256×360 пикселей
- Размер модуля: 33,4×20,4×1,0 мм
- Эффективная область сканирования: 12,8×18,0 мм
- Кабельный соединитель: MX 1,25 мм 6 Pin
- Скорость сканирования: < 0,2 с
- Скорость проверки: < 0,3 с
- Рабочая температура: -20...+50°C
- Рабочая влажность: 10...85%
- Антистатическая защита: до 15 кВ
- Интенсивность абразивного сопротивления: 1 000 000 раз

- Скорость передачи данных (UART): (9600 × N) бит/с, где N = 1 ~ 12 (по умолчанию N = 6, т.е. 57600 бит/с).

На рис. 13 представлен схематичный вид платы датчика R311 с распиновкой коммутационного разъема. Сопоставимыми характеристиками обладают датчик R303/R303S и биометрический считыватель отпечатков Smartec ST-FR031EM.

Биометрический считыватель Smartec ST-FR031EM

Биометрический считыватель со встроенным контроллером, высокоскоростным алгоритмом идентификации отпечатков пальцев, настройкой уровня безопасности и функцией самостоятельного обучения.

Работает считыватель под управлением ПО Timex. Разрешение сканера составляет 500 DPI. Память рассчитана на 3000 шаблонов и 10 000 карт, 30 000 событий. Интерфейсы сканера представлены следующими портами: RS-485, USB и Ethernet. Присутствуют Виганд вход/выход, встроенный считыватель EM, релейный выход, тревожный

выход, подключение кнопки выхода и датчика положения двери. Питание 12 В, 0,4 А. Размеры 185×62×41 мм. Рабочий температурный режим: -10...+50°C, класс защиты IP65. Интерфейсы связи USB и UART. Присутствует возможность установки BaudRate / идентификатор устройства / пароль устройства. Операционная система: Windows 98, Me, NT4.0, 2000, XP, WIN 7 или Android.

Технические характеристики модуля R303/R303S

Датчик с бесплатным SDK для Android Arduino и дополнительной функцией контактного касания пальцев. Метод соответствия, параметры FRR и FAR аналогичны датчику R311.

- Питание: DC 4,2...6,0 В
- Интерфейс UART (TTL логический уровень) / USB 2,0
- Рабочий/максимальный ток потребления: 40/55 мА
- Зондирующий массив: 208×288 пикселей
- Разрешение: 508 точек/дюйм
- Среднее время поиска: < 0,2 с (1:1000)
- Скорость передачи данных: (9600 × N) bps N = 1 ~ 12 (по умолчанию N = 6)
- Размер файла персонажа: 256 байт
- Регистрация в хранилище изображений (быстродействие): < 0,1 с
- Размер шаблона: 512 байт
- Ёмкость для хранения: 1000 эталонов
- Уровень безопасности: 5 (самый высокий)
- FAR: < 0,0001%
- FRR: < 1%
- Рабочая температура: -20...+45°C
- RH: 10...85%
- Размер окна: 11×15 мм
- Размер датчика: 33,4×20,4 мм

Некоторые недостатки и пути для инженерных решений

«Минусом» рассматриваемой идентификации является зависимость каче-

ства распознавания отпечатка от состояния поверхности пальца и внешних условий (температура, влажность, пыль), нежелание сканировать отпечатки, а также особенности людей (около 3% от всех) с врождёнными плохо выделяющимися или повреждёнными отпечатками пальцев. Кроме того, в состоянии волнения, нездоровья, если человека принуждают сканировать отпечаток для получения доступа, то неровное прикосновение пальцем к считывателю, нарушение папиллярного рисунка, в том числе после воздействия водной или химической среды, или обильное потоотделение увеличивают ошибки FRR, не позволяя корректно считать изображение отпечатка.

Вот и примеры. В любой из известных и действующих биометрических технологий считывания отпечатков есть «минусы». Так, согласно отзывам, техническим характеристикам Lumidigm и статистике FAR и FRR (False Accept Rate, False Reject Rate), устройство неоднократно «требуется» повторить сканирование пальца. Это неудобно: уходит время для авторизации, а также допускается около 0,05% ложнопозитивных срабатываний. Однако нет

пределов совершенству, и именно трёхмерный метод (в комплексе с другими, к примеру, с биоакустической подписью) признан наиболее перспективным для дальнейших разработок.

Условный недостаток биометрии по отпечаткам в том, что намеренно или случайно скомпрометированный палец человека не заменишь, в отличие от пин-кода и пароля. Пароль можно сменить, PIN-код, цифровую подпись можно отозвать, но палец с индивидуальным капиллярным рисунком отозвать не получится.

Правовое поле и особенности применения биоидентификации отпечатков

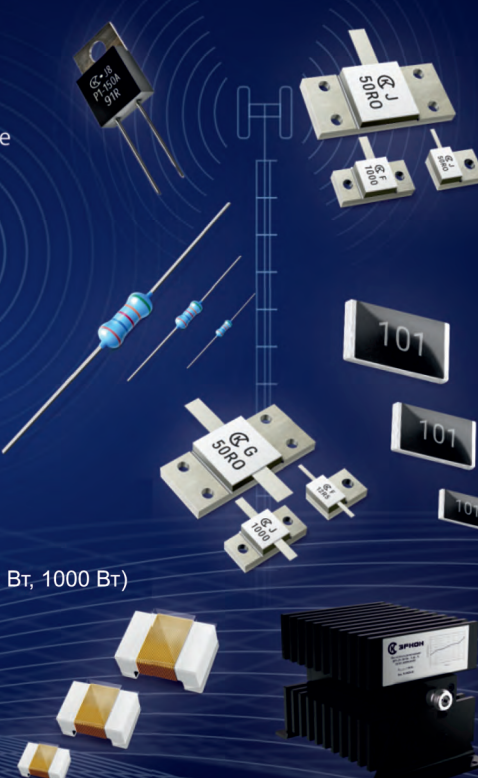
Контроль ситуаций посредством установленных почти повсеместно видеокамер соответствует концепции национальной безопасности, дополнен базами отпечатков пальцев. Их сканирование основано на оптическом считывании папиллярного рисунка кожи подушечки пальца с условно большим качеством и преобразованием «рисунка» в цифровой код. В современных сканерах разного назначения разрешение

изображения в диапазоне 500–5000 DPI. В правоохранительных органах оцифрованы отпечатки пальцев огромного числа граждан страны, что может быть полезно при идентификации в разных обстоятельствах. С правовой точки зрения иногда это спорно, кроме случаев, прямо предусмотренных законодательством, причём большинство мировых держав поддерживают сей принцип в национальных концепциях безопасности и охраны правопорядка, к примеру, дактилоскопирование лиц, совершивших преступления или общественноопасные деяния. Основание: выписка из ст. 11 ФЗ-152: «Обработка биометрических персональных данных может осуществляться только с письменного согласия субъекта ПД, в случае, если данные используются для установления личности субъекта». Это и «плюс», и «минус». За небольшим правовым исключением принцип дактилоскопирования должен быть добровольным. Есть отдельные НПА (нормативно-правовые акты), регламентирующие ограничения сбора и хранения биометрических данных, а правовое регулирование в России организовано так, что пользо-



Акционерное общество ЭРКОН

Научно-производственное объединение



ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- Современная производственная база.
- Высокое качество.
- Индивидуальный подход к потребителю.

НОВИНКИ

Эквиваленты нагрузок ПР1-24 (50 Вт)
 Атенуаторы ПР1-25 (50 Вт, 100 Вт, 150 Вт, 250 Вт, 300 Вт, 500 Вт, 1000 Вт)
 ТПИ - тепловые чип-перемычки
 СВЧ-резисторы Р1-160 (до 40 ГГц)
 Мощные СВЧ-резисторы Р1-170 (до 1000 Вт)

603104, Г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.
 тел.: 8 (831) 202 - 24 - 34 (многоканальный)
 8 (831) 202 - 25 - 52 (отдел продаж)
 E-mail: info@erkon-nn.ru
 www.erkon-nn.ru

ватель добровольно даёт согласие на сканирование. К сожалению, есть случаи, когда добровольность условна, к примеру, банк или учреждение при оказании госуслуг навязывает потребителю дактилоскопирование в электронном виде. Это некорректно, но решение при получении услуг остаётся за их получателем.

Перспективы развития и совершенствования электронных сканеров

Распознавание по отпечатку основано на быстром и качественном сканировании пальца, при котором электронная система анализирует расположение характеристических точек. Происходит сравнение моделей – эталона с новым отпечатком. Причём верификация для «пальцевой» биометрии тем лучше, чем больше отпечатков удастся проанализировать системе. Так, сканирование отпечатков двух пальцев – одного за другим или одновременно – значительно уменьшает риск ошибок сканирования. С другой стороны, важным моментом процедуры является скорость электронной аутентификации, ибо никому не понравится терять время на то, чтобы неоднократно – по запросу «нераспознавшей» системы – делать новые попытки дактилоскопической биоидентификации, где бы она ни проходила – на терминале банкомата или в пункте контроля при пересечении государственной границы. На мой взгляд, обоснованный многочисленными тестами, в среднем 5% попыток идентификации через сканирование пальцев выдают отказы оборудования (у одного человека может не один палец плохо распознаваться). А для людей с нарушенными капиллярными линиями («стёртыми») цифра будет ещё выше.

Разнообразие биометрических считывателей отпечатков пальцев обусловлено разными моделями чувствительных сенсоров (сканеров), использующихся в «электронной дактилоскопии». Среди современных популярных решений бесконтактные считыватели, не требующие контакта-прикосновения, и считыватели 10 пальцев одновременно.

В сканерах используют два типа подсветок. Одна традиционная – снизу через призму, и вторая – через палец сбоку и сверху. Это повышает надёжность сканирования путём улучшения

равномерности освещения по поверхности цилиндрического углубления. Но есть от этого и другой эффект – снижение зависимости качества изображения отпечатка от состояния кожи (сухая, влажная). Благодаря «обволакивающей» подсветке в устройствах с соответствующим функционалом можно получать дополнительный эффект, как-то: измерение пульса и температуры. В следующей статье (продолжение) мы исследуем возможности и рискованные эффекты при попытках «обмануть систему» – несанкционированного доступа под видом муляжа в виде плёнки, наложенной на палец (с копированным папиллярным рисунком) вместо оригинального пальца. Иначе, гипотетически, можно отрубить палец у человека, чтобы идентифицироваться в системах безопасности вместо него.

Предваряя продолжение этой работы, скажу, что при качественной подсветке в модуле сканирования защита от муляжей реализуется уверенно. Повышение качества съёма «картинки» – разрешение сформированного изображения в цифровом виде также увеличивает надёжность оборудования. Здесь важно понимать нюансы, что на коже пожилых людей и малышей условно большее количество складок, чем у подростка и человека среднего возраста. Это достигается повышением качества оптики, а не только электронного сегмента в считывателе. Сканирование папиллярного рисунка с развёрткой в 120° и в ИК-свете ещё более повышает надёжность оборудования и служит для исключения в рабочей зоне сканера «ненужной» информации в виде загрязнений на поверхности датчика и (или) пальца.

Для повышения уровня защиты системы биометрической идентификации на основе считанных «картинок» отпечатков применяют комплексные методы. Даже при сканировании двух пальцев (не одного) произведение вероятностей ошибок сократится в миллион раз. Считывание отпечатка и комбинации пальцев с введением PIN. В среднесрочной перспективе разработчики работают над тем, чтобы размещать на сканируемой панели сразу несколько пальцев или даже всю руку. С учётом того, что есть незначительное количество шестипалых людей, людей-инвалидов без каких-то пальцев, пальцы могут быть заклеены лейкопластырем, повреждены и иметь

стёртый папиллярный рисунок – всё то, о чём мы говорили выше.

Опытные образцы уже работают. Однако технические сложности сопряжены с тем, что требуется большее количество датчиков для устройства, соответствующее ПО и место для внедрения такого устройства на примере банковского терминала (увеличение функционала не всегда, но часто ведет к увеличению размеров устройства).

Вместо заключения

И напоследок немного юмора. Вдумайтесь, как скоро приобретут популярность такие фразы, высказывания или сообщения сервисных систем:

- введите CVV-код с обратной стороны вашего пальца;
- получите обратно 1% от сделанных покупок по вашему пальцу;
- приложите палец с функцией проездного на метро;
- 10% годовых под остаток на пальце;
- палец Electron/Gold/Platinum;
- льготный период до 35 дней по вашему пальцу закончился.

И, разумеется, могут быть и другие версии, и другие мнения.

Литература

1. Common Biometric Exchange File Format (CBEFF), USA National Institute of Standards and Technology (NIST). URL: <http://www.nist.gov>.
2. Bishop P. Atmel FingerChip Technology for Biometric Security. URL: www.atmel.com.
3. Maltoni D., Maio D., Jain A.K., Prabhakar S. Handbook of Fingerprint Recognition. Springer, New York, 2003.
4. Суомалайнен А. Биоидентификация. URL: <https://dmkpress.com/files/PDF/978-5-97060-762-6.pdf>.
5. Биометрическая аутентификация: истоки, хаки и будущее. Блог компании ASUS. URL: <https://habr.com/ru/company/asus/blog/408407/>.
6. Задорожный В. Идентификация по отпечаткам пальцев // PC Magazine/Russian Edition. 2004. № 1. С. 22.
7. Инструкции и datashit по моделям R502, R311 и др. URL: <https://www.dropbox.com/sh/pznvlzx8qx5nfr3/AA8pzhSyjqH0qWNYgMvxqAA9a?dl=0>.
8. Клонирование отпечатка пальца: миф или реальность? URL: <https://10guards.com/ru/articles/fingerprint-cloning-is-it-real/>.
9. Суомалайнен А. Биометрическая защита: обзор технологии. М.: ДМК Пресс, 2019. 104 с.: ил.



НОВОСТИ МИРА

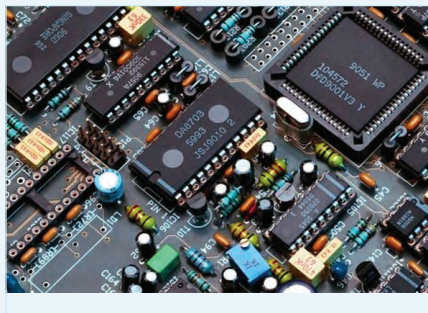
Япония и Нидерланды согласились присоединиться к санкциям против китайской полупроводниковой индустрии – СМИ

Нидерланды и Япония «в принципе» согласились присоединиться к США в ужесточении контроля за экспортом оборудования для производства передовых чипов в Китай, утверждает агентство Bloomberg со ссылкой на свои источники.

Ожидается, что эти две страны присоединятся по крайней мере к некоторым из ограничений, которые ввели США в отношении полупроводниковой промышленности КНР в октябре. Цель рестрикций – лишить КНР доступа к важнейшим технологиям, необходимым для создания суперкомпьютеров или гиперзвукового оружия, а также производства передовых чипов внутри Китая.

Объявить о присоединении к санкциям Нидерланды и Япония должны «в ближайшие недели». Не исключено, что публикация Bloomberg со столь нечеткими временными рамками может быть попыткой

надавить на несговорчивых союзников США. В ноябре это же агентство сообщило, что Нидерланды не пожелали покорно выполнять требование США ограничить поставки полупроводниковых технологий КНР.



В случае поддержки санкций США Японией и Нидерландами тройственный альянс обеспечит почти тотальную блокировку возможностей Китая закупать оборудование для выпуска новейших микросхем, подчеркивает Bloomberg. В настоящий момент в КНР запрещены поставки продукции американских Applied Materials Inc., Lam Research Corp. и KLA Corp. Вашингтон добивается того же от японской

Tokyo Electron Ltd и нидерландской ASML.

Пекин со своей стороны в понедельник подал иск к США во Всемирную торговую организацию. Китай считает, что американские санкции угрожают стабильности мировых цепочек поставок. А оправдание рестрикций Вашингтона заботой о национальной безопасности США представляется сомнительным.

Напомним, в июне сообщалось о рекордном росте китайской индустрии полупроводников: тогда 19 из 20 самых быстрорастущих компаний отрасли в мире имели китайские корни, в 2021 таковых было восемь. Эти компании занимаются поставками ПО, процессоров и необходимого для производства чипов оборудования. Последнее важно в контексте нынешнего сообщения Bloomberg.

По неофициальным сведениям, которыми D-Russia.ru располагает со слов представителя отечественной IT-отрасли, у китайских компаний уже есть собственные технологии производства высокопроизводительных микросхем.

industry-hunter.com

До 30 кВт двунаправленной энергии в небольших приборах

Новые источники питания EA-PSB с наивысшей удельной мощностью на рынке



Elektro-Automatik

- 2 в 1: программируемый источник питания и электронная нагрузка в одном приборе
- Двунаправленная мощность с автодиапазонным выходом
- Полностью цифровой контроль и управление (U, I, P, R)
- КПД до 96%
- Опциональное герметичное водяное охлаждение
- Установленные интерфейсы (аналоговый, LAN, USB)
- Слот Anybus для установки дополнительных интерфейсов
- Моделирование (батареи, PV, FC), встроенный генератор функций
- Мощность 1,5; 3; 5; 10; 15 и 30 кВт, ширина 19", высота от 2U до 4U

ProSoft®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама

Безопасность ЕБС и её элементов. Обзор рисков и перспективных направлений улучшения систем персональной аутентификации

Антти Суомалайнен

Во второй части статьи приведён краткий обзор других существующих на сегодняшний день основных типов квантовых компьютеров:

- квантовые адиабатические вычислители (Adiabatic Quantum Processing Unit);
- вычислители с квантовым отжигом (Quantum Annealing Processing Unit – QAPU);
- вариационные квантовые вычислители (Variational Quantum Eigensolvers);
- вычислители собственных значений с квантовым отжигом (Quantum Annealer Eigensolver – QAE).

Традиционные методы аутентификации для компьютеров и сетей – пароли, коды, карты доступа, которые можно передать другому лицу, – устарели как небезопасные и неэффективные для персональной идентификации. На этом фоне биометрическая аутентификация кажется идеальным решением проблемы. Существует несколько видов биометрической аутентификации, в том числе сканирование сетчатки глаза, распознавание лица и аутентификация по отпечатку пальца – самый распространённый вид. Отпечатки пальцев человека уникальны, и принято считать, что по ним можно идентифицировать человека. Однако всё, что касается однофакторной аутентификации, в наше турбулентное время подлежит квалифицированному анализу и обоснованной критике, как не обеспечивающее полной надёжности. Последовательно рассмотрим эти риски.

Так, с помощью технологии трёхмерной печати – по заранее полученному слепку – можно создавать копию отпечатка пальца. По мнению специали-

стов, несанкционированными методами копирования достигают 80% успеха при использовании поддельных отпечатков из историй, когда биометрические датчики были обмануты хотя бы однократно. И это, разумеется, существенные риски для ЕБС и современного электронного оборудования, задействованного в устройствах безопасности. Одна из проблем для клонирования отпечатка – это формы. Форма должна иметь в точности те же размеры, что и эталон (оригинал отпечатка); при отклонении в размере даже 0,1 мм форма непригодна для использования. Но, в принципе, изготовить реплику отпечатка вполне возможно даже в бытовых условиях. Похожим методом много лет изготавливают реплики печатей. На рис. 1 представлена иллюстрация папиллярных линий на пальце.

Риски аутентификации по отпечатку пальца

Дермальные гребни отпечатков пальцев имеют ширину примерно 500 микрон и глубину 20–50 микрон. Гряды и впадины папиллярного рисунка имеют разные эхосигналы, поэтому сканер преобразует «рисунок» пальца в псевдоизображение в цифровом виде. Сегодня в устройствах биоидентификации по отпечаткам используют три основных типа датчиков: оптические, ёмкостные и ультразвуковые. Все они имеют преимущества и недостатки, однако с точки зрения безопасности доступа и аутентификации между ними нет явного преимущества. Так, активные ёмкостные датчи-

ки-сканеры считывают папиллярный рисунок кожи пальца по проводимости его линий. Основными ограничениями для ёмкостных датчиков являются разрешение и проводимость. Эффективность оптического метода зависит от качества «оптики», стекла рабочей поверхности сканера и непосредственно датчика. «Картинка» захватывается матрицей элементов с зарядовой связью CCD и элементов CMOS, затем преобразуется в изображение в оттенках серого (до 16).

Все типы сканеров мы рассмотрели в статье «Датчики-сканеры отпечатков пальцев в устройствах биоидентификации. Обзор и перспективы» в № 9, 2022 «Современная электроника», но добавлю ещё один условный «минус» оптического метода сканирования. Незаметный отпечаток пальца остаётся на рабочей поверхности сканера – на стекле и может быть использован повторно. Другая сложность в том, чтобы отличить настоящий палец от качественной реплики. Об этом мы подробно поговорим далее.

Ультразвуковые датчики для сканеров излучают импульс УЗЧ, эхо которого считывается приёмным узлом и далее поступает на сервер. Ёмкостный метод с применением активных и пассивных датчиков-сканеров, хоть и считается самым популярным, также сравнительно легко обмануть имитированным отпечатком или скрытым отпечатком на поверхности сканера. Нажимной метод характеризуется сравнительно низкой чувствительностью, неспособностью отличить настоящий палец от имитации, подверженностью повреждениям из-за чрезмерных прилагаемых усилий и практически не используется в современных ЕБС, связанных с аутентификацией человека. Тем не менее есть направление деятельности, которое сегодня активно разрабатывается, – биоакустическая аутентификация, связанная с прикосновением пальца к рабочей поверхности сканера и последующим анализом вибраций. Тут понятия «нажимной» и «вибрационный» некоторым обра-



Рис. 1. Иллюстрация папиллярных линий на пальце

зом коррелируют. Подробно об этом в заключительной части статьи.

Итак, один из основных рисков обмана сканеров отпечатков систем безопасности в ЕБС – изготовление и применение клонированного (поддельного) отпечатка, получить который можно разными способами. Злоумышленник получает отпечаток пальца жертвы, затем готовит поддельный отпечаток-реплику. Причём реплику отпечатка можно создать из нескольких частей (сканированных изображений) одного и того же пальца. Как известно, сбор отпечатков происходит на таможне, на границе и в других случаях. В несанкционированном сценарии сбор биоматериала может осуществляться через фотографирование отпечатка на стекле, бутылке, даже дверной ручке – если отпечаток качественный. Перед фотографированием отпечаток можно дополнительно «подсветить», обработав кисточкой с графитовым или алюминиевым составом (порошком). Несанкционированным способом снять отпечаток можно во многих случаях: человек спит, в больнице, без сознания, нетрезв, иным образом не контролирует свои действия. Существует и несколько альтернативных фотографированию способов, в частности, слепок с помощью липкой ленты и др.

Далее рассмотрим популярный метод репликации отпечатка при несанкционированном клонировании.

Методы репликации при несанкционированном клонировании

Как происходит несанкционированное клонирование отпечатков? Аналог отпечатка пальца создают с оригинала. Растровое изображение получают со сканера отпечатков пальцев, причём подходит даже «бюджетный» вариант считывателя, к примеру, PUPPY SONY, приобретённый через почтовый сервис китайского оператора. Или иной сканер с подключением UART либо совмещённый с преобразователем CP2102 USB в TTL, адаптированный к ПК или Arduino UNO. Пример сканера представлен на рис. 2.

Трёхмерный макет создают с помощью ПО для трёхмерной цифровой структуры. Затем с помощью ультразвукового 3D-принтера изготавливают форму из мягкого материала, которая затем затвердевает. В некоторых источниках (список в заключении) описы-

вается апробированный метод изготовления формы из желатина и др. ингредиентов, но есть и другие варианты – пластилин, смесь силикона и тканевого клея, глина для скульптурных работ и др. «Скульптурная» глина имеет твёрдость при комнатной температуре, но становится мягкой и даже жидкой, если температура достаточно высока. Это условие выполняют, нагревая материал электрическим феном. Чем выше точность УФ-принтера, тем качественнее реплика отпечатка. Уже при точности (разрешении) в 25 мк, что даёт даже современное бытовое оборудование, сия небезупречная задача решается просто.

Отверждение копии в УФ-камере в течение нескольких минут обязательно, чтобы устранить токсичность смолы и закрепить форму. Прямое воздействие ультрафиолета изменяет размер объекта из-за сжатия смолы. Поэтому пресс-форма из смол – не лучший выбор, и для её создания лучше использовать альтернативный материал без ограничения втягивания.

Аутентификация по отпечатку пальца широко используется на многих типах устройств. Однако надёжность не на всех устройствах одинакова. Трудности проиндексировать большую базу данных до сих пор считаются актуальными и требуют ускорения процесса анализа отпечатков. Также заинтересованные лица должны знать, что безопасность аутентификации по отпечатку пальца несовершенна, несмотря на распространённые мифы. В зависимости от конкретного профиля угроз использование аутентификации по отпечатку без комплекса других мероприятий и методов может быть нецелесообразным.

Особенности распознавания по рисунку вен рук

Распознавание аутентификационных признаков по рисунку вен руки – условно новая технология, пока не получившая бытового распространения, но применяется в ЕБС как комплексный элемент системы безопасности, повышающий её надёжность. На примере изученного биометрического считывателя вен ладони PalmVein метод не требует условно дорогостоящего оборудования в сравнении с устройствами распознавания по геометрии лица или радужной оболочке. Однако в перспективных разработках необходимо учитывать следующие



Рис. 2. Сканер PUPPY SONY, адаптированный к ПК

факторы. Не только рисунок вен, но и хиромантические линии как признак индивидуальности (линия жизни и др.) являются идентификационным признаком. По ним легче всего предварительно идентифицировать и отобрать несколько человек. Также, несколько худшим из-за возрастных изменений, идентификационным признаком является форма и размер ладони. Тем не менее комплексное сканирование в ЕБС отпечатка каждого из 5 пальцев со всеми 14 фалангами с отпечатком ладони уместно использовать для окончательного подтверждения личности. Это всё уже использовалось в дактилоскопии – именно в таком полном варианте отсканированных идентификаторов; сегодня речь о том, чтобы ввести эту систему в электронный вид и практику, как дополнительный элемент надёжности в ЕБС.

Риски и перспективы для ЕБС с методом распознавания лиц

В коммерческих (негосударственных) условиях применения задачи аутентификации специфичны. «Know your customer?» – такой вопрос волнует руководителей и менеджеров торговых сетей – для последующего маркетинга и аналитической работы на развитие: нужно знать образ и запросы «своего» покупателя из сопоставления хэш-кода лица и покупок. Отсюда, из этого опыта, можно понять перспективный принцип идентификации покупателя в магазине. Это кроме актуальных вопросов безопасности и не теряющей актуальности борьбы с кражами в торговых залах. Реализуется «коммерчески-торговый» вариант с



Рис. 3. Иллюстрация лиц и типичных «точек» для идентификации

помощью пополняемой базы покупателей и их фотоизображений. Пока база данных несколько тысяч человек, всё это работает. Но в крупных торговых сетях этого уже недостаточно. Интересный опыт дают «бескассовые магазины», где огромное число камер (распространены в США, Германии и в др. странах). Отслеживают покупателей в торговом зале – от выбора покупки до её оплаты на терминале. Для этого системе требуются не только «картинка» и лица, но и аутентификация по другим признакам, что и делается у терминала оплаты. Это биоидентификация по отпечаткам пальцев и (или) фронтально установленная видеочамера с ИК-подсветкой. По этим признакам покупатель распознаётся в базе. Однофакторный метод аутентификации через дисконтную или банковскую карту, которую можно передать другому лицу, не даёт удовлетворительных результатов, если предполагать, что задача коммерческой сети всё-таки в том, чтобы проводить персонализированный и общий маркетинг покупок, интересов и запросов, а не только решать вопросы безопасности и работать против краж.

Рисковые варианты корректного считывания по геометрии лица сводятся к изменению геометрии лица – формы и типичных точек расположения основных идентификационных признаков (нос, глаза, рот), а также расстояний между ними. На рис. 3 представлен вид с лицами и типичными точками для идентификации.

Так, нанесение маркером стрелок, фигур, дополнительных «зрачков» и «глаз» не исключает корректного считывания признаков, но затрудняет эту функцию. В этой связи надёжная работа ЕБС зависит от двух фак-

торов: качества камер и качества ПО, ибо именно на сервере (ПК) анализируется и сравнивается полученное с видеочамер изображение. Принудительное нанесение на лицо новых «элементов» изменяет координаты оригинального признака на несколько миллиметров, и этого достаточно для того, чтобы точность распознавания значительно снизилась, для сбоя работы ЕБС с устаревшим ПО и выдачи ошибок. Такая ЕБС распознает и условного злоумышленника, и одновременно ещё сотни человек. Надо также принять во внимание, что в будущем, в связи с развитием высоких технологий и психологически обоснованного вектора социопатии в обществе, такие риски, связанные с попытками «уйти от камер» даже законопослушных граждан, будут нарастать. Отсюда на сегодняшний день понятно, что для корректного анализа идентификационных данных человека на сервере нужно идти путём наращивания числа признаков. По условной аналогии с базой отпечатков пальцев, куда рекомендую включать, кроме папиллярного рисунка пальцев, и ладони, и фаланги пальцев, в части сканирования геометрии лица необходимо в оригинальном признаке делать несколько «эталонов» лица – вблизи, вдали, анфас, профиль, в фокусе каждый конкретный признак (нос, рот) и его элементы. Речь идёт о разделении признаков и «картинок» по ним. Пока же (на сей день) абсолютная точность распознавания ЕБС человека по геометрии лица недостижима.

Так, близнецы вызовут ложноположительные сигналы, но тут проблема не в несовершенстве алгоритма распознавания, а в реальной похожести. А с ложноположительными «тре-

вожными» сигналами, вызванными несовершенством алгоритма, борются статистическим методом. Если в поле зрения массива видеочамер есть разыскиваемое лицо, оно будет «опознано» по картинкам с нескольких, а не с одной камеры. И чем большее количество камер даст картинки, проанализированные сервером как «изображение поиска» из соответствующей базы, тем меньше вероятность ошибок ЕБС и системы поиска. Есть уже реализованные пути решения на примере системы видеоконтроля в метро. Перед станциями, в вестибюлях, на эскалаторах, на платформах и даже на турникетах установлены камеры видеонаблюдения. Корректность работы ЕБС в данном случае прямо зависит от качества камер (оптики камер и электронного АЦП системы) и их количества. Важный элемент работы реальных систем аутентификации: возможность массового сравнения многих изображений одного лица. Отслеживание движения дополняет распознавание лиц. Человек заходит в вестибюль метро (2-3 картинки, к примеру), потом спускается по эскалатору (еще 3-4 картинки) и проходит к платформе (2-3 картинки). С помощью реализованных в поисковой системе алгоритмов она «ловит» человека с помощью полученных изображений – на совпадение, к примеру, с паспортной фотографией разыскиваемого – статистическим методом. В этом смысле интересны перспективы аутентификации в движении.

Аутентификация в движении

Скорость потока пешеходов или пассажиров в переходе отслеживают по характерным лицам, что удобно делать на полупустой улице. Последовательность появления одного лица в массиве видеочамер легко предсказывается, а отслеживать можно по комбинации цветов одежды. При больших скоплениях людей, в частности, на вокзалах, в транспорте, в метро алгоритмы поисковой системы несовершенны. Для поиска человека по картинке с видеочамер открываются две задачи: «tracking» и «reidentification». Но это уже частные случаи. Именно поэтому количество видеочамер (практически везде) систематически наращивают, а не снижают (см. источники к публикации). Нередко в транспортной инфраструктуре большое количество видеочамер, сконцентрированных на одной площад-

ке потолка, «смотрят» в залы. Эти задачи решаются по-разному, 100% достижения эффекта нет, и есть как технические проблемы, так и несовершенства, связанные с человеческим фактором. Если не лениться и исследовать запросы и ожидания крупных транспортных корпораций, к примеру «Мосгортранс», окажется, что и они в поиске более совершенного решения относительно того, как считать пассажиров – по головам вручную или с помощью автоматизированной системы. Проблемное поле: во-первых, такие системы дороги – это понятно; во-вторых, они не дают гарантии, но всё же способствуют учёту с некоторой долей погрешности.

А как работает поисковая программа, спонсируемая государством? Ведь только в Петербурге и Ленинградской области примерно 30 000 человек в базе розыска. Моделируем ситуацию с поиском «лица» в многотысячном потоке пассажиров метро. В среднем человек проводит на станции, скажем, 5 минут. При заходе на станцию, и даже перед ней «картинка» уже считывается камерами видеонаблюдения. Если есть «срабатывание» по изображению с камер на «лицо», прошедшее в вестибюле, то дальнейший поиск осуществляется не только в сравнении с паспортной фотографией, имеющейся в базе поиска, но и с изображением, полученным в разных ракурсах с других камер этой же станции. Причём система уже давно работает автоматически, правда, это не говорит о том, что нет операторов, контролирующих видео в реальном режиме. Но оператор не может и не будет фактически делать «траки» в массиве из нескольких тысяч изображений. Эта кропотливая работа возможна только в весьма неординарных случаях. Итак, на условной станции 50 камер. Поток пассажиров в среднем 60 000 в день. Камеры установлены в разных местах и под разным углом. В результате и к примеру, если на 10 из 50 камер опознан разыскиваемый, идёт команда на полицейский пульт. Если обнаружен на одной-двух камерах – это допустимый вариант «ошибки».

Не надо искать (по дисплеям от видеокамер) человека в толпе. Достаточно знать, что с момента обнаружения подозреваемого в вестибюле и его входа до условной потери человека системой наблюдения есть запас времени в 10 минут: 4-5 минут – спуск по эскалатору, остальное время прохода до

и после него. После вестибюля перед потенциальным разыскиваемым ещё десятки камер. Допустим, «лицо» опознано как разыскиваемое на эскалаторе – по камерам № 10 и № 16, а видео с камер № 6–9, № 11–15 (часть из них «смотрит» не фронтально) не распознано. Тогда оператор занимается этим «лицом» плотно, но не ищет его в толпе, а ждёт отклик системы – сколько ещё видеокамер «распознают» лицо, и где они расположены.

Специалисты осведомлены, что камеры сами по себе не распознают. Распознаёт алгоритм, который работает на серверах по изображениям с камер. Ошибка не будет зависеть от камеры, а только от ракурса и условий съёмки. В движении ракурс и условия будут каждый раз разными. Но возможно уменьшить количество ошибок теперь даже с условно старым оборудованием. В условно больших помещениях устанавливают шлюзы на манер концентрации людского потока типа «воронка». В «шлюзах» обеспечивают хорошее освещение – одно из условия качественной картинки с видеокамеры. Оборудование (видеокамеры) устанавливают с хорошим разрешением и с настраиваемым функционалом, в том числе функцией zoom. Этот комплекс мер повышает качество видеокартинки, а совершенствование ПО – качество анализа и аутентификации; таков путь совершенствования системы безопасности на основе ЕБС.

Перспективные методы и решения

Модель программного описания отпечатка основана на описании топологии, поэтому появляется независимость от деформаций отпечатков и от масштаба. В некоторых базах, содержащих больше 2 тысяч отпечатков, могут фиксироваться ложные срабатывания. Их вероятность примерно 1 ошибка на 1000 случаев. При использовании двух отпечатков – одна ошибка на 1 000 000 случаев. По статистике ошибок 1% FRR до 0,01% FAR (при приемлемых FRR) считают хорошим показателем.

При серьёзных повреждениях папиллярного рисунка нужно использовать и другие пальцы руки, и альтернативные методы, к примеру, сканирование ладони. Поэтому в современных базах данных регистрируют несколько пальцев. В СКУД и в платёжной (банковской) системе человек заинтересован сам в быстрой и корректной идентифи-

кации, поэтому и специальные меры к принуждению его для сдачи оригиналов отпечатков не требуются. Есть коммерческие системы с базой данных в 10 млн эталонных отпечатков. Понятно, что государственные серверы имели такую возможность и ранее – в России в электронном виде базы оцифрованы (не на перфокартах, а адаптированы для ПК) примерно в 2012 году. Если использовалась 10-пальцевая регистрация, дающая 100% результат аутентификации, электронная система решает две задачи: определит, входит ли отпечаток в список из 3-5 настроенных, и корректно определит владельца отпечатка в базе из 10 миллионов.

Биометрия, особенно комплексная и (или) реализованная с применением качественного оборудования на примере трёхфакторной и спектральной идентификации отпечатка, – надёжнее PIN. Теоретически пластик можно заменить цифровым идентификатором – даже номером телефона. А отпечаток пальца при этом будет выполнять функции ПИН-кода. Ещё вариант перспективной аутентификации: отпечаток пальца и тепловая «картина» кровеносных сосудов, а также динамические биометрические признаки, к примеру, рукописный пароль.

Биометрические алгоритмы строятся на обучаемых нейронных сетях, актуален вопрос о взаимодействии разных сетей, ПО и др. Алгоритмы с динамическими биометрическими признаками пока тоже не достигли совершенства. Статистические методы лучше работают на этапе создания ординарного признака, к примеру, отпечатка. Вот почему качество оригинала остаётся важным для всей ЕБС. Действительно, лучше на этапе создания эталона потерять время, чтобы впоследствии обеспечить автоматическую и быструю верификацию.

Предполагается, что зависимость от растительности на лице, причёски не является критичной для распознавания лиц в современных ЕБС. Системы видеоконтроля-нахождения не анализируют причёски и растительность на лице. Даже овал лица некоторые алгоритмы не учитывают, ибо под разными ракурсами одно и то же лицо имеет разные (отличные) профили. Но это не всегда так. На рис. 4 представлен вид автора в маске, исключающей аутентификацию по геометрии лица.

Метод многократно апробирован авторским опытом в 2020–2022 гг. Тут



Рис. 4. Автор иллюстрирует метод, исключающий аутентификацию по геометрии лица

надо для справедливости заметить, что обнаружение такого «лица» в период «масочного режима», связываемого с коронавирусом, не приводило в Санкт-Петербурге к вопросам, уточнениям или задержаниям. И вызывало лишь восторженные взгляды. Однако в настоящей ситуации, когда «масочный режим» отменен, такое «лицо» само по себе, пожалуй, может вызвать вопросы у представителей правопорядка. Впрочем, ношение масок не запрещено, а как определяется маска – до сих пор вопрос полемичный. Поэтому попытки простыми методами аутентифицировать (контролировать) людей алгоритмами, сопоставляя лица с «исключающими шаблонами», приведут к увеличению количества ошибок. К примеру, в известной программе «заменитель лиц» FaceSwar сделана попытка с алгоритмом GAN128 отделить лицо от посторонних предметов, перекрывающих лицо (причёска, пирсинг, руки и т.д.). В этом случае вариант – делать многократное сопоставление шаблонов, то есть совершенствовать ПО. Кстати, современные сканеры отпечатков не то что стекло – мёртвый палец отличают от живого. Однако ИТ-прогресс идёт вперед, в соответствии с сентенцией «на каждое действие возможно противодействие» созданных систем безопасной аутентификации уже недостаточно; они должны совершенствоваться постоянно. Как вариант, уместно рассматривать – в числе прочих – биоакустическую аутентификацию как дополнительный способ идентификации.

Биоакустическая аутентификация

Известны акустические методы распознавания голоса с помощью спектральных фильтров, аналитика сигнатур дыхания, а в формате биоакустики

анализируется биодинамическая реакция пальца в акустическом спектре. Метод биоакустической аутентификации имеет особенности как в принципе работы, так и в сканирующем оборудовании. При касании рабочей поверхности сканера микровибрации пальца считываются датчиком. Причём индивидуальная форма сигнала сохраняется при разной силе нажатия пальца. Из-за индивидуальных анатомических особенностей сканированный сигнал обладает неповторимостью. Содержит анатомическую информацию о структуре тела, о костной, хрящевой, сухожильной и мышечной ткани, полагается на их геометрию, а также на биомеханические свойства. Преобразованные датчиком в цифровой вид, данные служат для последующего компьютерного анализа и имеют то же значение биоинформации, что и отпечаток пальца, образец голоса, рисунок сетчатки глаза, геометрии лица и др. То есть служит идентификационной характеристикой человека и может использоваться для его аутентификации.

Передача характеристик вибрационных сигналов через кости и ткани пальца осуществляется так: синусоидальный (аналоговый) сигнал поступает на вход преобразователя и передаётся ЗЧ через палец, воспринимается микрофоном, демодулируется с помощью опорного сигнала, фильтруется фильтром НЧ и оцифровывается АЦП микроконтроллера. Для биоакустической аутентификации пользователь помещает палец на сканер со встроенным трансдьюсером – передатчиком ЗЧ и акустическим сенсором. Акустический сенсор расположен на 3 мм выше передней дистальной межфаланговой складки, которая является нижним концом дистальной фаланги. Место для прикосновения (воздействия) пальцем имеет значение. Благодаря форме площадки для сканирования место возбуждения и зондирования выбрано так, что сигнал ЗЧ проходит через проксимальную и среднюю фаланги пальца. Передатчик расположен на расстоянии 50 мм от акустического сенсора, полностью покрывая длину средних фаланг пальца.

Выводы

Перспективы развития и совершенствования электронных сканеров отпечатков пальцев мы рассмотрели в статье СЭ № 9, 2022. Практическая эффективность от клонирования отпечатков определяется наличием или доступом к базе

биометрических данных или несанкционированным сбором такой информации, а также наличием оборудования для изготовления реплики-слепок-клона. Даже современные электронные микроскопы позволяют измерять микронные различия в отпечатках, а инструменты высокоточной лазерной гравировки помогают этому. При наличии высокотехнологичного оборудования возможности несанкционированного копирования отпечатков возрастают, соответственно, угрозы безопасности пользователям биометрического оборудования увеличиваются. Чем больше ресурсы у такой небезупречной группы сотрудников, тем больший масштаб угроз и рисков можно ожидать. Для рядового гражданина и пользователя биометрическая аутентификация по отпечатку пальца является действенной защитой в быту. Однако для защиты значительных материальных и информационных ресурсов преимущества биометрии по отпечаткам неочевидны из-за рисков качественной имитации отпечатка и обмана сканера, поэтому метод используют в комплексе с другими защитными мероприятиями, в том числе биометрическими, а также систематически совершенствуют оборудование сканеров и ПО.

Литература

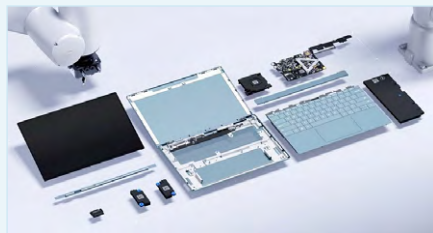
1. Руководство по проектированию биометрических устройств // URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-hardware/drivers/biometric/>.
2. Клонирование отпечатка пальца: миф или реальность? // URL: <https://10guards.com/ru/articles/fingerprint-cloning-is-it-real/>.
3. Программное обеспечение. Стандартизированные биометрические данные INCITS // URL: <https://www.nist.gov/itl/iad/image-group/resources/incits-standardized-biometric-data>.
4. Суомалайнен Антти. Биометрическая защита: обзор технологии. М.: ДМК Пресс, 2019. 104 с.: ил.
5. Tsunomu Matsumoto. Искусственный палец из желатина // URL: <http://web.mit.edu/6.857/OldStuff/Fall03/ref/gummy-slides.pdf>.
6. Описание биоакустической подписи в IEEE Transactions on Cybernetics (doi: 10.1109/TCYB.2019.2941281) // URL: <https://habr.com/ru/company/vdsina/blog/518294/>.
7. Видеоизображение // URL: [matthewearl.github.io/assets/switching-eds/landmarks.jpg](https://github.io/assets/switching-eds/landmarks.jpg).
8. Андрей Кашкаров. Контрольное видеообозрение россиян // URL: https://xxxx.press/blog/kontrolnoe_video_obozrenie_rossijan/2020-12-28-1075.



НОВОСТИ МИРА

Если все ноутбуки станут такими, то сервисные центры по их ремонту закроются. Dell представила концепт модульного ноутбука Luna

Компания Dell представила Concept Luna – прототип перспективного модульного ноутбука. Тут нет гибкого экрана или большого сенсорного дисплея вместо клавиатуры – наоборот, устройство имеет совершенно стандартный внешний вид. Все самое интересное – внутри.



Concept Luna – это практически как конструктор Lego. Устройство состоит из модулей, которые соединяются друг с другом без винтов – всё исключительно на защёлках. Соответственно, для разборки Concept Luna не нужны ни отвёртки, ни какие-то дополнительные инструменты. Разобрать устройство на элементы можно за 30 секунд! Причём это касается и системы охлаждения, и даже матрицы экрана. То есть, например, если разобьётся дисплей, то пользователь сможет заменить его (при наличии новой матрицы) самостоятельно и очень быстро. То же самое касается и апгрейда: достаточно снять модуль системной платы и установить на его место новый. Внешне Concept Luna напоминает обычный 14-дюймовый ноутбук линейки Latitude. Компания отмечает, что это всего лишь концепт, и никакого серийного воплощения его в ближайшем будущем не планируется. Тем не менее, какие-то наработки Concept Luna вполне могут быть реализованы в будущих товарных устройствах Dell.

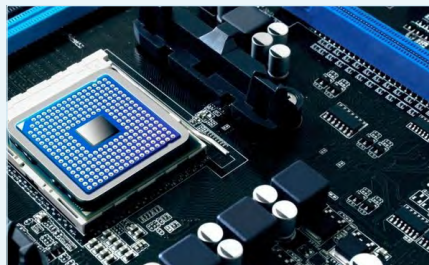
ixbt.com

Правительство решило открыть во Владимирской области новую ОЭЗ для производителей полупроводников

Председатель правительства Михаил Мишустин подписал постановление о создании особой экономической зоны (ОЭЗ) «Владимир» на территории Киржачского и Александровского муниципальных районов Владимирской области.

В составе ОЭЗ промышленно-производ-

ственного типа будет работать ряд предприятий, в том числе по производству электронных компонентов – полупроводников нового поколения, способных в ряде случаев заменить кремниевую электронную компонентную базу, говорится в сообщении правительства.



На сегодняшний день о своём намерении работать в ОЭЗ заявили 13 предприятий.

Размещение в ОЭЗ даёт бизнесу ряд преимуществ. Так, резиденты могут пользоваться налоговыми льготами и таможенными преференциями, а также рассчитывать на снижение арендных платежей.

industry-hunter.com

Путин потребовал запустить новые программы робототехники и авиационных беспилотников

Президент России Владимир Путин призвал запустить новые программы робототехники и авиационных беспилотников.

Об этом в четверг, 15 декабря, сообщает ТАСС.

«Уже просил в наступающем году подготовить и запустить новые программы в области робототехники и авиационных беспилотников. Конечно, обрести технологический суверенитет нельзя, что называется, в один момент, но нужно продолжать системную работу на перспективу», – сказал он на заседании Совета по стратегическому развитию и национальным проектам.

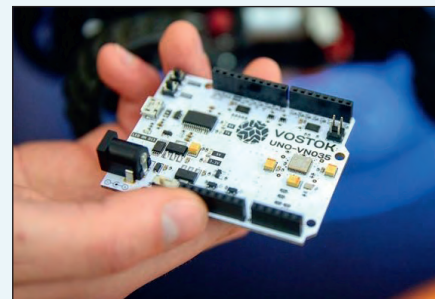
В ноябре глава государства заявил, что в России нужно наращивать усилия по развитию искусственного интеллекта. По словам Путина, в сфере искусственного интеллекта идёт жёсткое соперничество между странами. Вместе с тем РФ обходит их по некоторым направлениям, указал он.

Ранее сообщалось, что в России откроют полигон для беспилотных авиационных систем (БАС), где разработчики смогут проводить лётные испытания дронов. Полигон БАС включает в себя цифровую платформу и собственно лётный полигон, расположенный в районе аэродрома Орловка.

russianelectronics.ru

Российский ответ на платформу Arduino – проект «Vostok» заморожен

Весной этого года в ряде СМИ появилась достаточно любопытная информация о том, что в России идёт разработка отечественной платформы, аналогичной весьма популярной Arduino – работы по ней ведутся в центре «Восток», расположенном во Владивостоке.



Как сообщалось, на данной платформе должны были обучаться порядка 10 миллионов российских школьников – столько учеников планировалось охватить за счёт специальных кружков соответствующей направленности, а также при участии в Национальной техолимпиаде.

Кроме того, новинку должны были использовать и в немного других направлениях – инженерных и робототехнических состязаниях, профильных группах, различных программах образовательной направленности, многочисленных курсах программирования, а также радиоэлектроники. Причем проект официально анонсировали ещё летом текущего года с уточнением, что в этом году, 1 сентября, стартует интеграция его в ряд учебных организаций. К сожалению, ни в давно прошедшего 1 сентября, ни даже позднее, данный проект не запустили и даже появились данные, что его заморозили на неуточнённый срок, ссылаясь на какие-то сложности с менеджментом. Хотя в конце прошлого месяца даже предлагалось оформить предварительный заказ на первые экземпляры платы пилотной партии со сроками поставки в ближайшем декабре.

Для справки, платформа с названием Vostok и модельным номером UNO-VN035 по факту совместима с известным во всем мире Arduino и может применять такие же платы расширения, как в Arduino Uno. В основе российского решения лежит отечественный микроконтроллер производства «НИИЭТ» с маркировкой 1921BK035, построенный на 32-битной RISC-архитектуре.

techcult.ru

Разработка 3D фотон-электронной матричной нейросетевой реконфигурируемой платформы для высокопроизводительной обработки информации

Валерий Сведе-Швец (ooooes@mail.ru)

В статье рассматривается проект по созданию нейросетевого инструмента для высокопроизводительной обработки информации общегосударственного применения на основе фотонной технологии.

Задачи проекта:

- изготовление по кремниевой фотонной технологии ООО «ОЭС» трёхмерной фотон-электронной матрицы СБИС с нейроморфной/нейросетевой архитектурой – 3D ФЭ МНП СБИС с многоканальными аналогово-цифровыми фотонными и электрическими коммутационными связями;
- изготовление по кремниевой фотонной технологии ООО «ОЭС» трёхмерной фотон-электронной матрицы СБИС лазеров вертикального излучения – 3D ФЭ МЛВ СБИС;
- изготовление по кремниевой фотонной технологии ООО «ОЭС» трёхмерной фотон-электронной матрицы СБИС стандарта SW – 3D ФЭ MSW СБИС;
- изготовление 3D фотон-электронных матричных процессорных модулей – 3D ФЭ МПМ;
- изготовление механических разъёмных корпусов с матричными оптическими линзовыми растрами, многоканальных волоконных и призмённых мультиплексных элементов;
- адаптация программного обеспечения с открытым кодом;

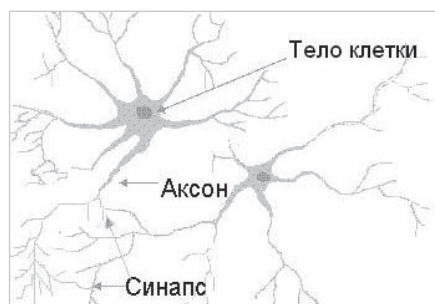


Рис. 1. Модель биологического нейрона

- изготовление 3D фотон-электронной матричной нейроморфной/нейросетевой платформы – 3D ФЭ МНП – и её модификаций для высокопроизводительной обработки информации общегосударственного применения.

В октябре 2019 года президентом РФ была принята Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Борьба за лидерство в развитии искусственного интеллекта предполагает рассмотрение методов и средств машинного обучения и связанных с ними технологий для всестороннего и успешного развития задач национальной безопасности.

Несмотря на совершенствование интегральных технологий, традиционные процессоры по-прежнему не способны эффективно решать нелинейные и неформализованные задачи. В то же время мозг животных и человека с такими задачами справляется отлично. Объяснение здесь кроется в качественных архитектурных различиях

между традиционным процессором и мозгом живых существ. Механизмы передачи информации в мозгу до сих пор не до конца изучены, и нет готового решения по созданию идеальной искусственной нейронной сети.

Оценка биологической активности человеческого мозга

У человека порядка 100 миллиардов клеток мозга. Число связей нейрона с соседними оценивается в 1000, и при каждой активизации нейрона его импульс достигает тысячи других нейронов и далее по цепочке (рис. 1). По примерным оценкам нейрон связывается со своим соседом каждые 5 миллисекунд, что приблизительно равно 200 раз в секунду.

Оценим активность человеческого мозга: 100 миллиардов (количество нейронов) умножаем на 200 (секундная работоспособность), умножаем на 1000 (количество соединений), получаем скорость работы мозга, равную 20 квадриллионам операций в секунду.

Мозг вырабатывает энергию, равную лампочке 10 Ватт.

Предположительная ёмкость мозга в электронных терминах составляет около 1000 терабайт.

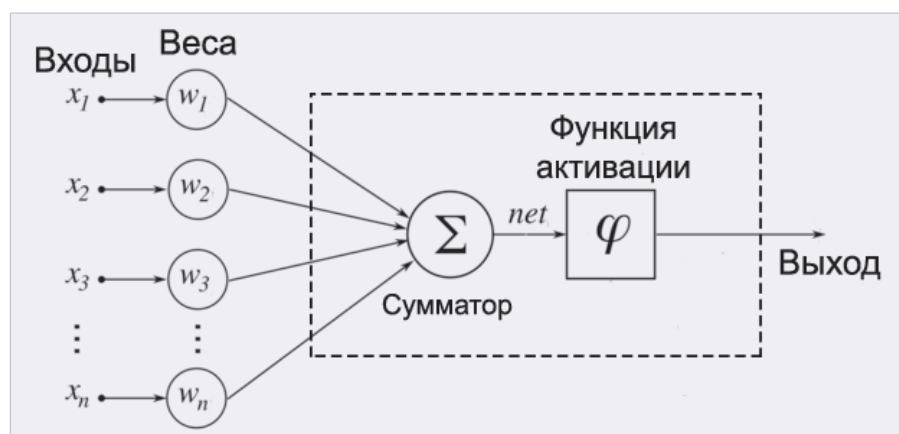


Рис. 2. Искусственный нейрон

Структура искусственного нейрона

Искусственный нейрон является упрощённой моделью естественного нейрона.

Математически искусственный нейрон обычно представляют как некоторую нелинейную функцию от единственного аргумента: линейной комбинации всех входных сигналов.

Данную функцию называют функцией активации. Полученный результат посылается на единственный выход. Такие искусственные нейроны объединяют в сети: соединяют выходы одних нейронов со входами других (рис. 2).

Поступившие на входы искусственного нейрона сигналы умножаются на свои веса (веса изображены кружками). Сигнал первого входа x_1 умножается на соответствующий этому входу вес w_1 . В итоге получаем x_1w_1 . И так до n -го входа. В итоге на последнем входе получаем x_nw_n . Теперь все произведения передаются в сумматор, а он просто суммирует все входные сигналы, умноженные на соответствующие веса: $x_1w_1 + x_2w_2 + \dots + x_nw_n = \sum_{i=1}^n x_iw_i$.

Искусственные нейроны объединяются между собой определённым образом, образуя искусственную нейронную сеть (ИНС) с различным уровнем слоёв (рис. 3).

Многослойная ИНС позволяет решать задачи любой формы и сложности. При этом преимущество нейронных сетей – универсальность: они превращают разные задачи в однотипные.

Проблемы в аппаратной реализации ИНС

Синапс – сетевое соединение: количество синапсов растёт квадратично с ростом числа нейронов.

Вес синапсов: массы должны быть определены с высокой точностью, для того чтобы обеспечить правильную сходимость алгоритмов.

Преимущества нейрокомпьютера

Искусственные нейроны и сети являются основными элементами нейрокомпьютера.

Все алгоритмы нейроинформатики высокопараллельны, а это залог высокого быстродействия.

Нейросистемы можно сделать устойчивыми к помехам и разрушениям.

Устойчивые и надёжные нейросистемы могут создаваться и из ненадёжных

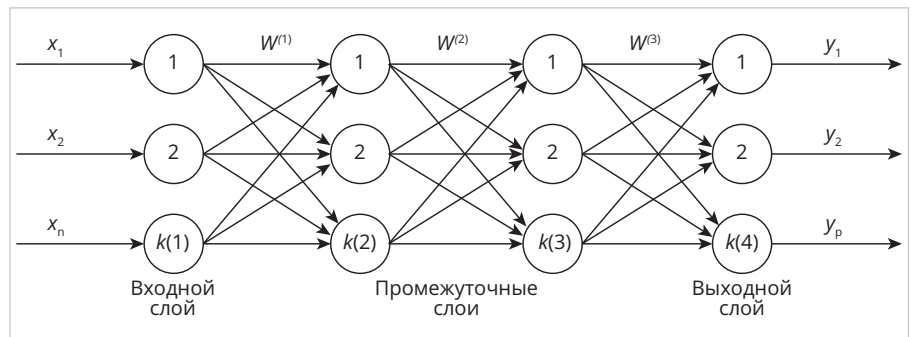


Рис. 3. Искусственная нейронная сеть

ных элементов, имеющих значительный разброс параметров.

Сегодня нет готовых решений по созданию идеальной искусственной нейронной сети.

Системный анализ архитектуры нейропроцессора и классификация нейрочипов

Элементной базой нейровычислителей служат нейрочипы. Большинство из них ориентировано на конкретные специализированные управляющие системы.

Нейрочипы делятся:

- по типу логики – на цифровые, аналоговые и гибридные;
- по типу реализации нейроалгоритмов – с полностью аппаратной и с программно-аппаратной реализацией (когда нейроалгоритмы хранятся в ПЗУ);
- по характеру реализации нелинейных преобразований – на нейрочипы с жёсткой структурой нейронов (аппаратно-реализованные) и нейрочипы с настраиваемой структурой нейронов (перепрограммируемые);
- по возможностям построения нейросетей – нейрочипы с жёсткой и переменной нейросетевой структурой (т.е. нейрочипы, в которых топология нейросетей реализована жёстко или гибко).

Процессорные матрицы (систолические процессоры) обычно близки к обычным RISC-процессорам; они объединяют в своём составе некоторое число процессорных элементов, вся же остальная логика, как правило, должна быть реализована на базе периферийных схем.

В отдельный класс следует выделить так называемые нейросигнальные процессоры, ядро которых представляет собой типовой DSP-процессор.

Нейронным процессорам, построенным на основе сигнальных, тензорных,

систолических чипов для формирования и управления нейронной сетью, требуется внешняя память и управляющий процессор.

Существует огромное количество способов соединения нейронов, растущее с увеличением числа нейронов в сети. Наиболее употребительной является слоистая архитектура, в которой нейроны располагаются «слоями». В наиболее общем случае аксоны каждого нейрона одного слоя направлены к нейронам следующего слоя. Таким образом, нейроны первого слоя являются входными (принимающими информацию из внешнего мира), нейроны последнего слоя – выходными (выдающими информацию во внешний мир). Другой вид архитектуры – полносвязная, когда каждый нейрон соединён с каждым, в том числе сам с собой.

Процессор NeuroMatrixR NM6404

NeuroMatrixR NM6404 (рис. 4) представляет собой высокопроизводительный DSP-ориентированный RISC-микропроцессор. В его состав входят два основных блока: 32-разрядное RISC-ядро и 64-разрядное VECTOR-сопроцессор для поддержки операций над векторами с элементами переменной разрядности. NM6404 по системе команд совместим с предыдущей версией NM6403. Имеются два идентичных программируемых интерфейса для работы с внешней памятью различного типа и два коммуникационных порта, аппаратно-совместимых с портами ЦПС TMS320C4x, для возможности построения многопроцессорных систем.

Особенности:

- тактовая частота – 133 МГц (8 нс – время выполнения любой инструкции);
- технология КМОП 0,25 мкм;
- корпус PQFP256;

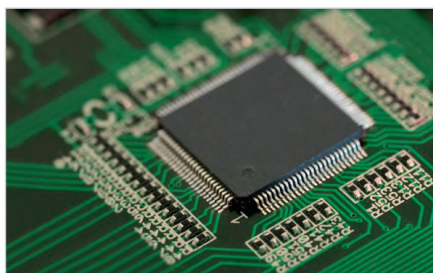


Рис. 4. Конструктивная реализация NeuroMatrixR NM6404

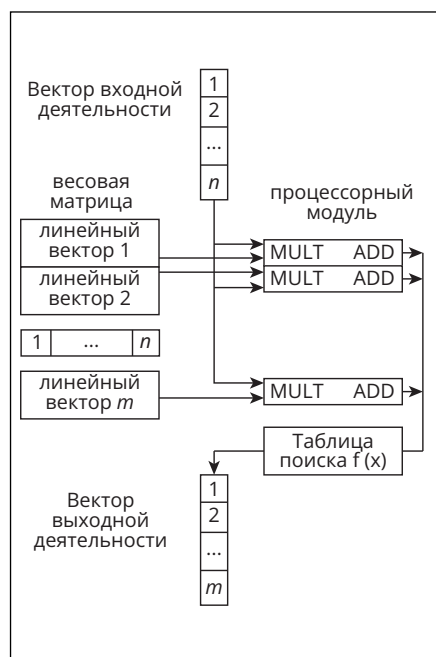


Рис. 5. Структура систолического процессора SAND

- напряжение питания от 2,5 В, 3,3 В, 5 В;
- потребляемая мощность – около 1,0 Вт;
- условия эксплуатации: $-40...+80^{\circ}\text{C}$. RISC-ядро:
- пятиступенчатый 32-разрядный конвейер;
- 32- и 64-бит команды (обычно выполняется две операции в одной команде);
- 2 Мбит внутреннее ОЗУ;
- доступ к внутренней памяти соседей;
- два адресных генератора, адресное пространство – 16 Гб;
- два 64-разрядных программируемых интерфейса с SDRAM/SRAM/DRAM/Flash ROM разделяемой памятью;
- 4 одновременных доступа к внутренней памяти; широкополосный режим доступа к внешней памяти;
- 64k Boot ROM; формат данных – 32-разрядные целые; 4 канала DMA;
- два коммуникационных порта ввода/вывода, аппаратно-совместимых с портами TMS320C4x;

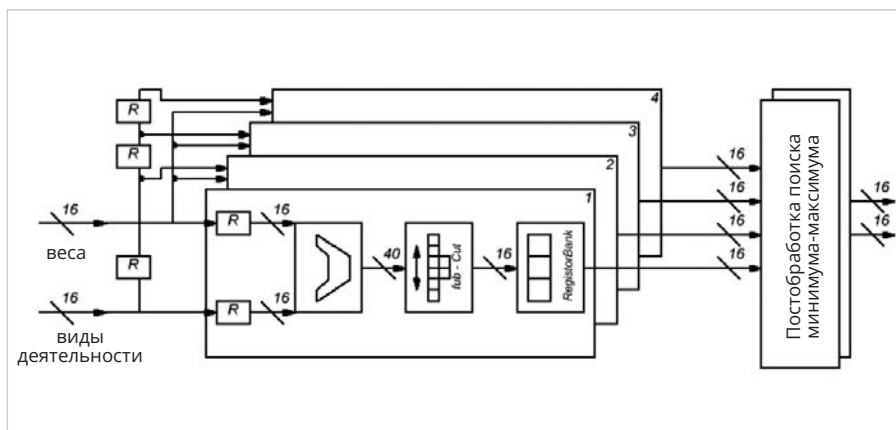


Рис. 6. Структура чипа SAND

- JTAG-совместимый отладочный интерфейс;
- система управления потребляемой мощностью.

VECTOR-процессор:

- от 1 до 64-разрядная длина векторных операндов и результатов;
- формат данных – целые числа, упакованные в 64-разрядные блоки, в форме слов переменной длины от 1 до 64 разрядов каждое;
- поддержка векторно-матричных и матрично-матричных операций; 16 тактов на перезагрузку матрицы коэффициентов;
- свопирование рабочей и теневой матриц; два типа функций насыщения на кристалле.

Производительность

Скалярные операции:

- 133 MIPS;
- 399 MOPS для 32-разрядных данных; Векторные операции:
- от 133 до более чем 38 000 MMAC (миллионов умножений с накоплением в секунду);
- I/O и интерфейсы с памятью:
 - пропускная способность двух 64-разрядных интерфейсов с памятью 2128 Мбайт/с;
 - I/O коммуникационные порты – до 20 Мбайт/с каждый.

Систолические нейропроцессоры

Этот класс вычислительных систем создавался с ориентацией на применение в области нейросетей. Основная идея построения систолических процессоров состоит в использовании специальных обрабатывающих элементов, простых по своим функциям и структуре. Эти элементы образуют процессорную матрицу, через которую идёт поток данных, изменяемых каждым элементом. При этом может быть достигну-

та высокая степень параллельности обработки данных, если отработавший элемент сразу же считывает следующую порцию данных для обработки. Сеть работает циклически, и в каждом последующем цикле каждый обрабатывающий элемент считывает и обрабатывает новую порцию данных, независимо от работы остальных обрабатывающих элементов. За счёт этого достигается высокая степень распараллеливания процессов обработки информации и в результате высокая скорость работы всей сети в целом. При этом в нейропроцессорах используется ограниченный набор вычислений – преимущественно свёртка и перемножение матриц, что открывает большой простор для оптимизаций.

Базовые принципы построения систолических архитектур:

- систола представляет собой сеть связанных вычислительных ячеек, обычно простых;
- каждая ячейка содержит в себе буферный входной регистр, защёлкивающий данные, и вычислитель, оперирующий с содержимым этого регистра. Выход вычислителя может подаваться на входы других ячеек;
- операции в систоле производятся по типу конвейерной обработки;
- вычисления в систоле регулируются с помощью общего тактового сигнала;
- результатом правильного построения систолы должна быть простая регулярная разводка с простой топологией связей.

Систолический процессор SAND

Чип SAND (Simple Applicable Neural Device) разработан для применения в промышленных и исследователь-

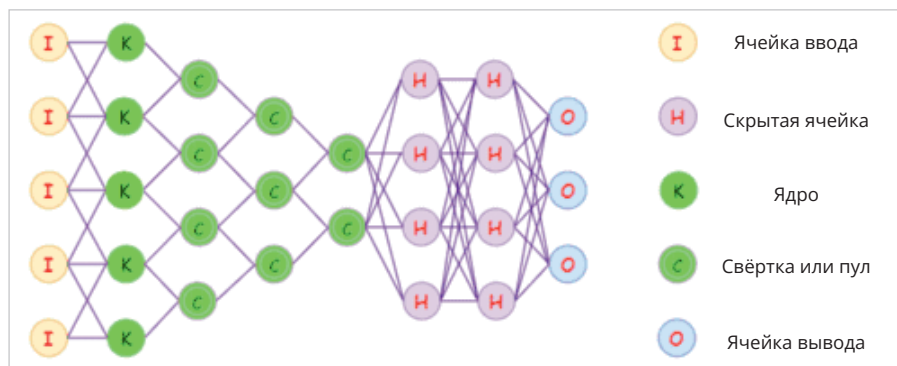


Рис. 7. Архитектура свёрточных нейронных сетей

ских системах реального времени. Чип способен реализовывать нейросети с максимальным числом входов 512 (рис. 5, 6).

Чип SAND содержит четыре параллельных обрабатывающих элемента PE (Processing Elements), каждый из которых снабжён АЛУ и блоками отсечения (auto-cut). АЛУ используется для умножения векторов. Так как АЛУ накапливает входные значения, выходная шина имеет разрядность 40 бит (это ограничивает число входных нейронов до 512). Блок отсечения снижает разрядность до 16 с контролем переполнения и потери точности. Окно, выбирающее 16 бит из 40, может быть смещено пользователем по своему усмотрению.

Нейрокомпьютеры с нейроморфными процессорами представляют собой одну из перспективных разработок в области вычислительной техники, так как они намного эффективнее решают задачи по сравнению с традиционными процессорами.

Нейроморфные вычисления отличаются от классических подходов к ИИ, которые основаны на свёрточных нейронных сетях (CNN), тем, что они гораздо точнее имитируют мозг с помощью импульсных нейронных сетей (SNN).

Свёрточные нейронные сети (CNN)

Свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Network, CNN) – это нейронные сети, которые показали высокую точность в классификации и кластеризации изображений, а также в распознавании объектов, хотя применяются практически везде. CNN состоят из двух видов слоёв: слоёв свёртки и пулинга. Слой пулинга необходим для уменьшения размерности. Преимущество свёрточных сетей заключается в

их свойстве инвариантности, т.е. объект на изображении может находиться в любом месте, но сеть его всё равно найдёт (рис. 7).

Применение CNN:

- распознавание образов,
- «компьютерное зрение» (computer vision),
- видеоанализ.

Структура нейроморфного процессора

Нейроморфные процессоры – это устройства, аппаратно моделирующие работу импульсных нейронных сетей (SNN). В таких сетях моделируемые нейроны, как и реальные биологические нейроны, общаются друг с другом, используя электрические импульсы – спайки. При этом SNN обладают большей «вычислительной мощностью», чем сети предыдущих поколений (рис. 8).

В нейроморфных процессорах искусственные нейроны объединяются по модели импульсных нейронных (спайковых) сетей SNN, особенностью которых является передача с помощью разнесённых по времени коротких импульсов равной амплитуды. По аналогии с биологическим образцом искусственный нейрон – один выход (аксон), сигнал с которого может поступать на большое количество входов других нейронов и тем самым изменять их состояние.

Обработка информации нейроморфным процессором в импульсной нейронной сети (spiking neural network – SNN)

Каждый «нейрон» в сети SNN может срабатывать независимо от других: он отправляет импульсные сигналы другим нейронам в сети, которые напрямую изменяют электрические состояния этих нейронов. Кодировать

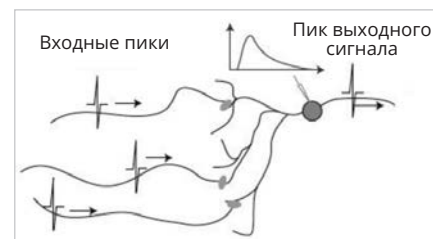


Рис. 8. Структура нейроморфного процессора

информацию в самих сигналах, SNN моделируют естественные процессы обучения, динамически переключая синапсы между искусственными нейронами в ответ на стимулы.

Хотя нейроморфные чипы, как правило, всё ещё являются цифровыми, они в большинстве случаев работают на основе асинхронных цепей, что означает отсутствие глобальной синхронизации. В зависимости от конкретного приложения нейроморфные вычисления могут быть на несколько порядков быстрее и требуют меньше энергии.

В настоящее время лидером по разработке полупроводникового нейроморфного процессора является корпорация INTEL с процессором Loihi 2. Процессор организован по матричной архитектуре ядер. Ядро содержит вычислительные элементы и память в качестве нейронов и синапсов. Системы на NPU Intel Loihi 2 учатся быстрее и эффективнее, что открывает перед ними массу перспектив.

При решении задач оптимизации и поиска выяснилось, что NPU Loihi 2 может решать задачи более чем в 1000 раз эффективнее и в 100 раз быстрее по сравнению с традиционными процессорами (рис. 9).

Основные характеристики чипа Intel Loihi 2:

- техпроцесс – Intel 4;
- площадь кристалла – 31 мм²;
- площадь ядра – 0,21 мм²;
- количество транзисторов – 2,3 млрд;
- количество нейронных ядер на чип – 128;
- количество процессоров на чип – 6;
- количество нейронов на чип – 1 млн;
- количество синапсов на чип – 120 млн;
- память на нейронное ядро – 192 кБ, гибкое размещение;
- модели нейронов – полностью программируемые;
- область состояния нейрона – 0...4096 байт на нейрон;

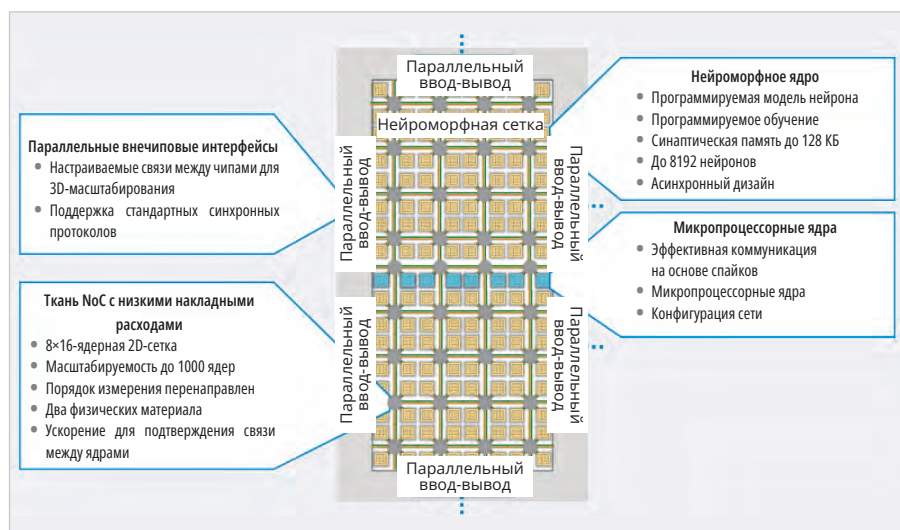


Рис. 9. Архитектура чипа Intel Loihi 2

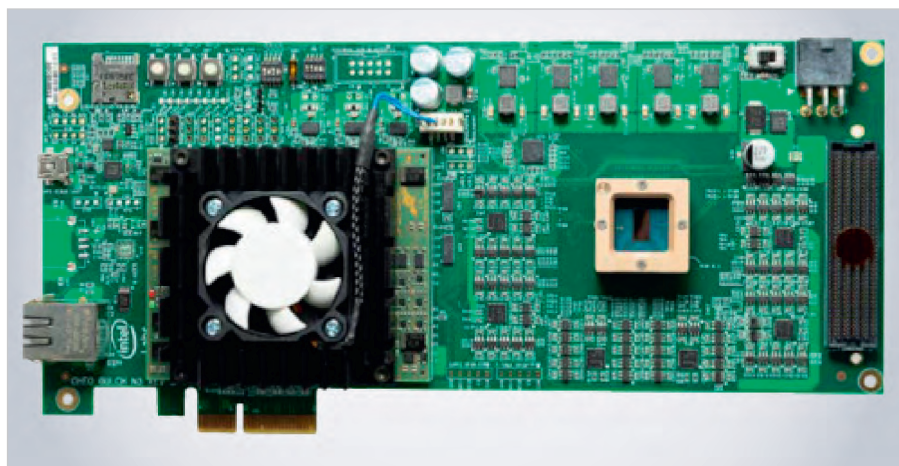


Рис. 10. Базовое устройство для демонстрации возможностей Loihi 2 – Oheo Gulch

- кодирование информации – ступенчатое состояние спайка, до 32 бит на импульс;
- внешние интерфейсы – стандартные протоколы SPI и AER, GPIO, Ethernet 1000BASE-KX, 2500BASE-KX.

Готово базовое устройство для демонстрации возможностей Loihi 2. Оно называется Oheo Gulch и представляет собой плату с одним чипом Loihi 2, а также FPGA Intel Arria 10, предоставляющим интерфейс и удалённый доступ через Ethernet к нейроморфному чипу (рис. 10).

Российская компания «Мотив НТ» разрабатывает собственный нейроморфный процессор «Алтай».

Нейроморфный чип «Алтай»

Энергоэффективный нейропроцессор для интеллектуальных устройств «Алтай» – «вычислительное» устройство, функционирующее на принципах, схожих с биологическими нейронными системами.

Ключевые преимущества:

- высокая эффективность по энергопотреблению, производительности и размерам;
- возможность решения неформализуемых и плохо формализуемых задач;
- высокая масштабируемость, ограниченная только требованиями по энергопотреблению и массогабаритным параметрам;
- отказоустойчивая архитектура;
- отечественный.

Основные модели применения:

- обработка большого потока разнородных сигналов с целью обнаружения аномалий в системах киберфизической безопасности и системах мониторинга физических объектов;
 - обработка видео- и аудиоизображений;
 - интегрирование и обработка сенсорной информации от различных датчиков и сенсоров в робототехнике;
 - обработка физиологических сигналов.
- Низкое энергопотребление, малый размер и высокая производительность

позволяют применять нейрочип «Алтай» в очень широком спектре интеллектуальных устройств (рис. 11–13).

Ключевые архитектурные решения чипа «Алтай»:

- полная цифровая реализация на современной монокристаллической кремниевой технологии;
- универсальная, но простая в реализации на кристалле цифровая модель нейрона;
- параметры функционирования нейронов и структура сети формируются вне кристалла;
- многоядерная архитектура; нейрочип представляет собой масштабируемую сеть нейроядер;
- нейрочип проектируется по модели GALS. Ядра являются синхронными схемами, каждое из которых функционирует в своём домене синхронизации. Все коммуникативные блоки нейрочипа являются асинхронными. Возможности, предоставляемые НП «Алтай»:

- исполнение произвольных импульсных нейронных сетей;
- неограниченная масштабируемость сети;
- обучение в процессе работы устройства;
- низкое энергопотребление по сравнению с классическими вычислительными устройствами;
- высокая производительность – обработка до 2000 кадров в секунду в задачах технического зрения;
- компактный и недорогой чип.

Изготовлен модуль нейроморфного акселератора с 8 прототипами нейроморфного процессора «Алтай» (рис. 14).

Недостатки современных полупроводниковых нейрочипов для нейропроцессоров:

- кристаллы изготовлены с применением кремниевой 2D-технологии с планарными электрическими связями;
- кристаллы устанавливаются на плату и ограничены по масштабированию электрическими связями;
- кристаллы изготовлены на наноразмерной, не существующей в России технологической базе.

Фотоника для ИИ и нейроморфные фотонные системы

Созданные на сегодняшний день нейронные сети и нейроморфные процессоры весьма приближённо «копируют» работу биологических мозгов

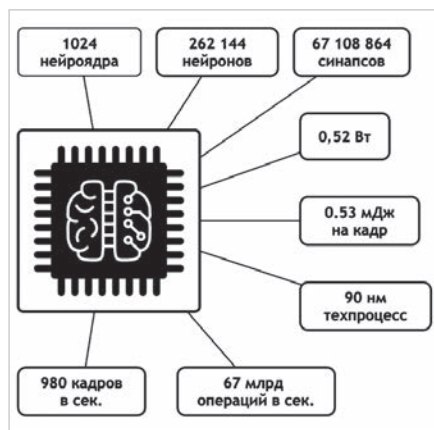


Рис. 11. Функциональные характеристики нейрочипа «Алтай»

даже животных, не говоря уже о функциональности головного мозга человека.

Попытки повторить на кремниевых электронных чипах структуру связей, существующую в биологическом мозге, до сих пор не увенчались успехом вследствие высочайшей сложности её построения из сотен миллионов искусственных нейронов, соединённых друг с другом так, что эти соединения в процессе обучения или получения нового опыта «переконфигурируются», создавая новые устойчивые сетевые структуры. Основная сложность повторения вроде бы понятного «узора» биологической нейронной сети заключается в физических ограничениях, присущих полупроводниковой микро- и нанoeлектронике. Выход из этого «технологического тупика» учёные видят в развитии фотоники – оптическом аналоге электроники, в котором носителями сигналов являются фотоны света.

Технология оптоэлектроники уже достигла успеха в ряде областей, продемонстрировав черты самостоятельного приборостроения. Уже широко используются волоконно-оптические линии связи, оптическая и голографическая память большой ёмкости, сенсоры изображения и другие устройства.

Фотонные пространственные соединения в архитектурах вычислительных устройств и систем имеют ряд преимуществ по сравнению с электронными соединениями.

Основными из них являются:

- отсутствие электрического проводника, позволяющее осуществлять эффективные пространственные соединения «кристалл-кристалл», «плата-плата»;

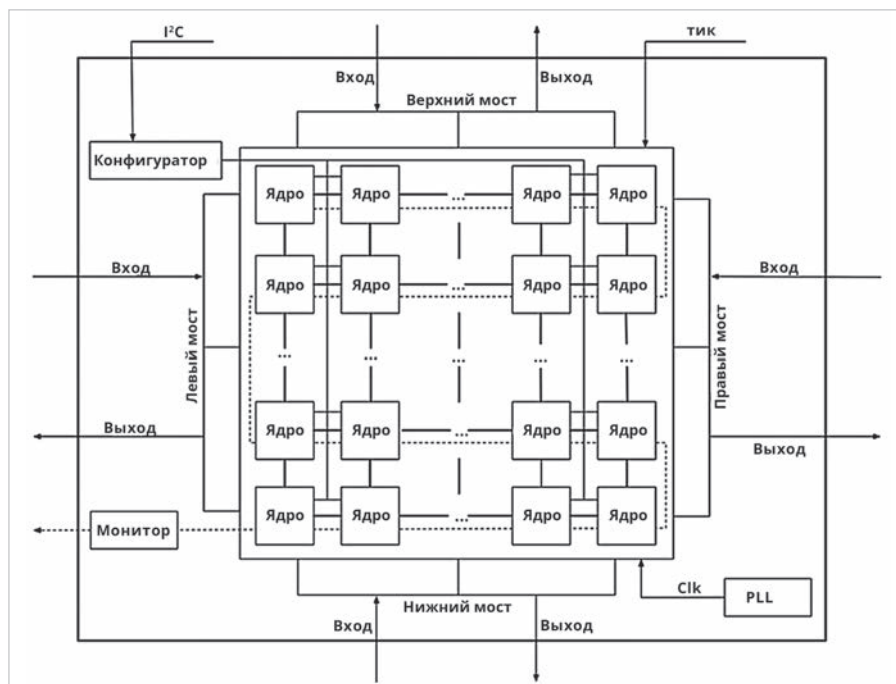


Рис. 12. «Алтай»: структурная схема нейропроцессора

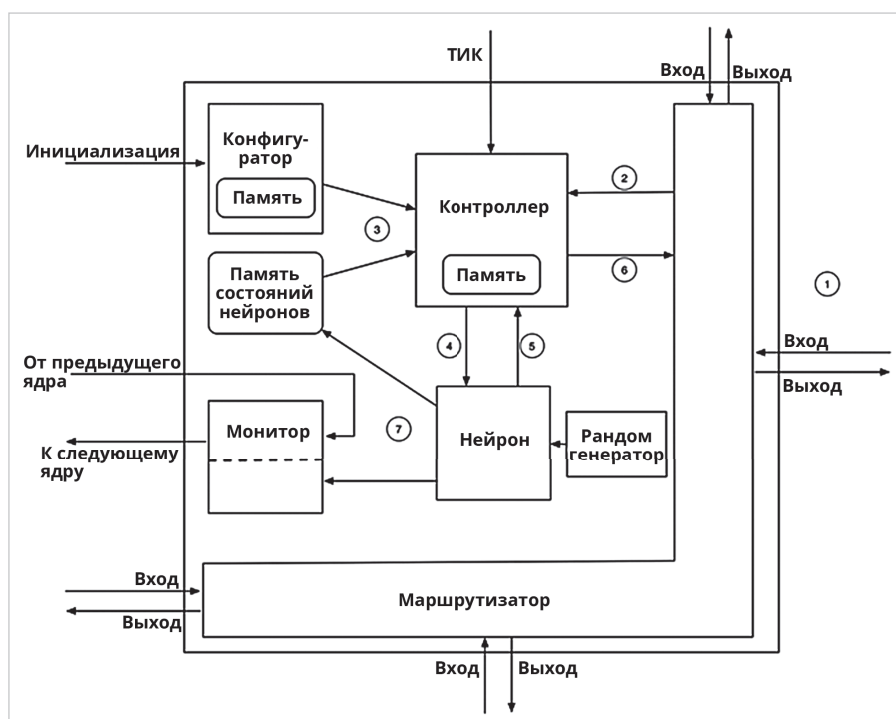


Рис. 13. «Алтай»: структурная схема нейроядра

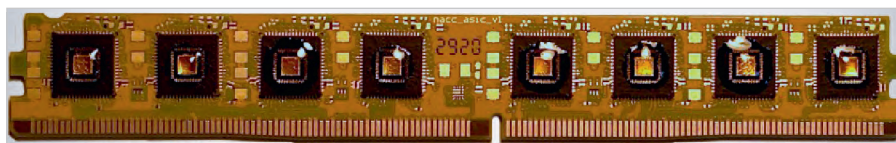


Рис. 14. Модуль нейроморфного акселератора с 8 прототипами

- отсутствие взаимного влияния при пересечении лучей света в пространстве;
- несколько каналов с высокой пропускной способностью могут сосуществовать в одном пространстве;
- параллельная природа светового потока и способность к объединению обеспечивают создания гибких параллельных архитектур;
- отсутствие возможности перехватывать информацию, поскольку опти-

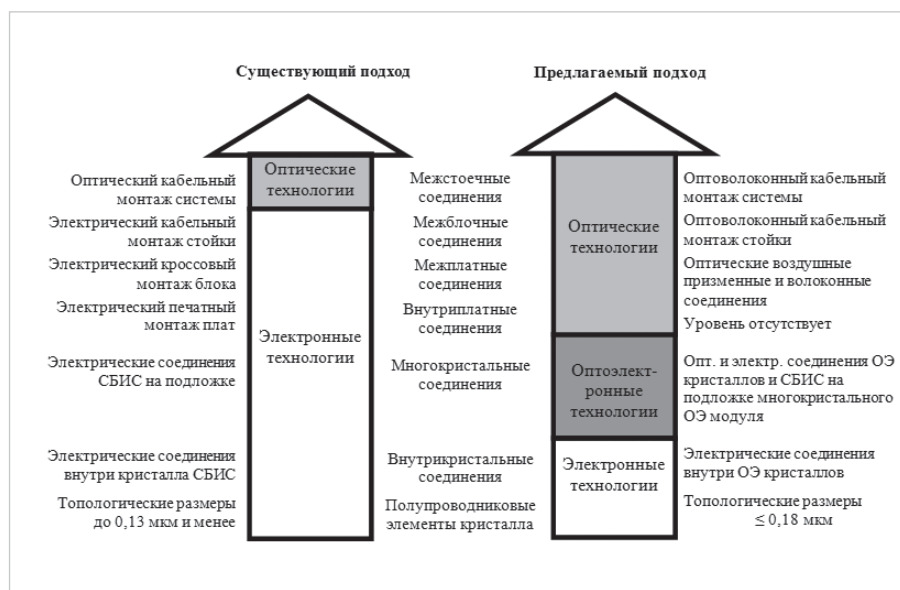


Рис. 15. Технология межсоединений

ческая система ничего не излучает в окружающую среду;

- устойчивость к электромагнитным помехам.

Кремниевая фотонная технология стала многообещающей КМОП-совместимой альтернативой для реализации нового поколения устройств и систем, которые могут использовать свет как для связи, так и для вычислений.

Кремниевая фотонная технология становится реальностью, а полупроводниковые микросхемы с интегральными микролазерами позволяют создавать 3D-процессоры с бесконтактными и волоконными многоканальными фотонными связями, осуществляя обмен данными как внутри, так и снаружи ПК с большой пропускной

способностью. Устройства на основе кремниевой фотоники могут обеспечить беспрецедентный уровень энергоэффективности и параллелизма. В настоящее время ведутся разработки в области оптоэлектронных устройств, плазмоники и нанофотоники, а также фотонно-аналоговой обработки информации и нейроморфных вычислений.

В США создан первый фотонный нейроморфный чип

Одно из последних прорывных достижений в сфере создания нейроморфных чипов недавно продемонстрировали учёные Национального института стандартов и технологий США, представив двухслойную трёхмерную систему, состоящую из матриц

оптических волноводов, взаимодействующих при передаче оптических сигналов в разных направлениях. Это решение позволило многократно увеличить количество связей между активными компонентами (оптическими логическими элементами) по сравнению с электронными нейросетями, благодаря чему удалось повысить сложность схем маршрутизации сигналов и скорость обмена данными между узлами сети. В результате достигнута рекордная «схожесть» архитектуры нейронной фотонной сети со строением биологического мозга.

Суть изобретения фотонного нейроморфного чипа американскими учёными заключается в формировании на подложке из кремния двух слоёв матриц, состоящих из тончайших нитрид-кремниевых световодов (их поперечные сечения находятся в пределах 800×400 нм).

Также разработано ПО, обеспечивающее указание автоматического направления сигналов по нужным путям в схеме и регулировку уровней взаимосвязей между отдельными нейронами.

3D кремниевая-фотонная технология ООО «ОЭС»

В объёмной (3D) фотон-электронной технологии, разработанной ООО «ОЭС», многоканальные оптические и электрические каналы реализуются непосредственно на обеих поверхностях полупроводниковых кристаллов.

На рис. 15 показан существующий и разработанный перспективный уровень технологий соединений.

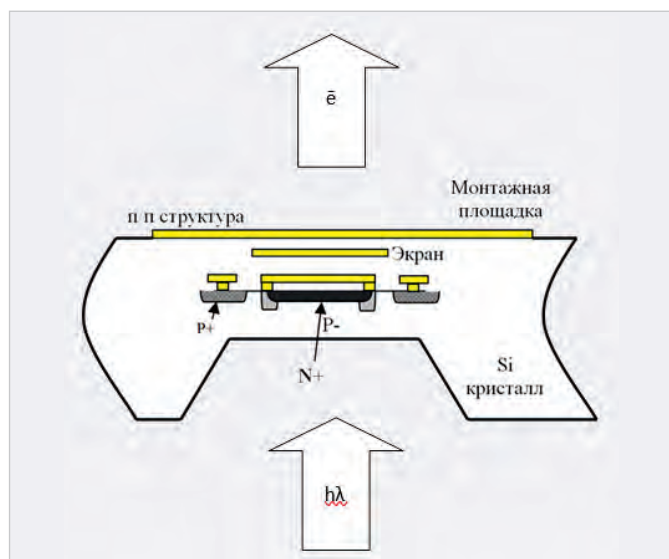


Рис. 16. Фотонный и электронный ввод-вывод информации в Si-кристалл 3D ФЭ матрицы функциональной СБИС

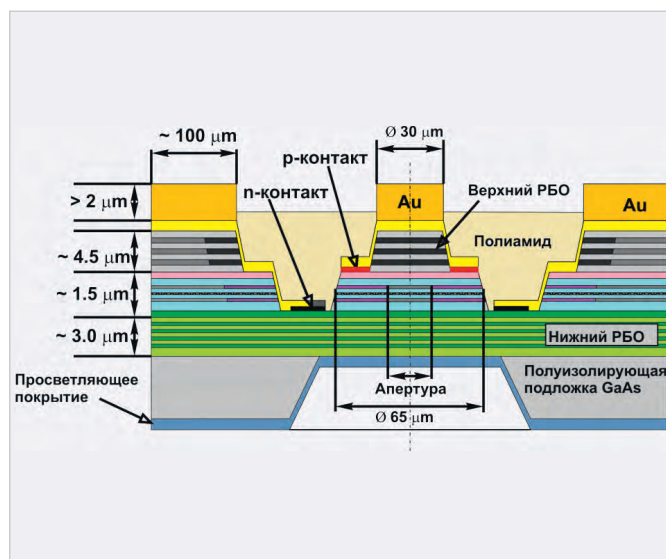


Рис. 17. Структурная схема 3D ФЭ МВЛ СБИС Si-кристалл 3D ФЭ матрицы функциональной СБИС

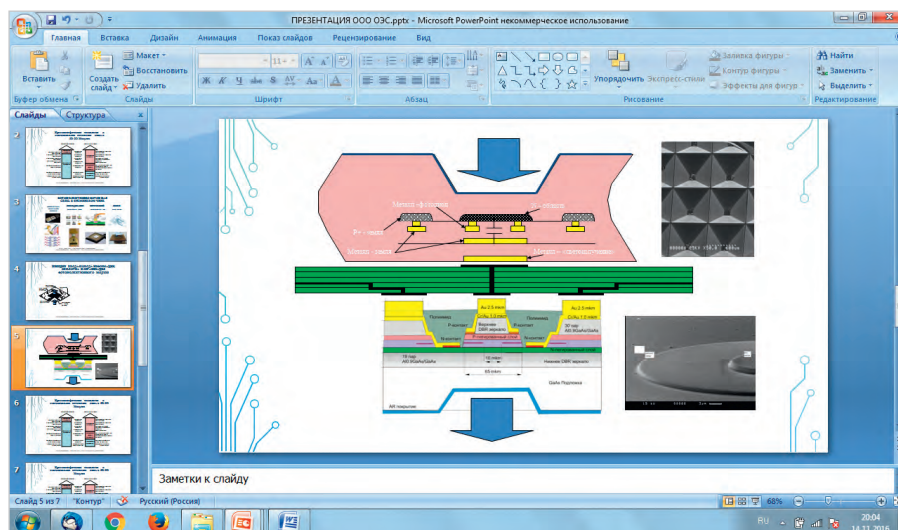


Рис. 18. Структура 3D ФЭ матрицы функциональной СБИС с оптическими и электрическими связями

Реализация матриц с многоканальными 3D ФЭ процессорными элементами требует разработки фотон-электронного интерфейса, обеспечивающего многоканальный оптический и электрический ввод-вывод информации на обеих поверхностях всей интегральной схемы. Реализация такого фотон-электронного интерфейса, обеспечивающего многоканальный ввод-вывод информации в интегральную схему, возможен, если для фотон-электронного многоканального ввода/вывода информации используются обе поверхности кристалла наряду с планарным электрическим интерфейсом ввода/вывода.

Такой подход позволяет реализовать принцип трёхмерной многоканальной связи и создавать функциональные 3D фотон-электронные полупроводниковые элементы с многоканальными (матричными) оптическими и электрическими каналами с потоковой обработкой информации для различных устройств и строить высокопроизводительные информационно-вычислительные системы с множеством датчиков.

Организация фотонного и электронного ввода-вывода информации с использованием двух сторон кристалла позволяет перейти к разработке кремниво-фотонной объёмной технологии и созданию многоканальных фотон-электронных соединений на уровнях «чип-чип», «плата-плата», «распределённая объектовая связь» для различных устройств и строить высокопроизводительные информационно-вычислительные системы со множеством датчиков (рис. 16, 17).

3D ФЭ матрицы функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями для потоковой обработки информации

Матрицы функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями имеют внутренние и внешние многоканальные связи. Многоканальная оптическая связь направлена ортогонально к плоскости кристалла по оси Z, а электрические связи по осям X, Y и Z относительно плоскости полупроводниковых СБИС.

Такая реализация многоканальных оптических и электрических связей в СБИС переводит их в категорию полупроводниковых приборов с объёмной, трёхмерной фотон-электронной архитектурой.

Трёхмерные фотон-электронные (3D ФЭ) матричные функциональные СБИС с оптическими и электрическими связями представляют собой прибор с интегральными полупроводниковыми схемами, фокальные плоскости которых обеспечивают ввод или вывод информации по многоканальным оптическим и электрическим каналам связи и потоковой обработкой информации.

Полупроводниковые кристаллы изготавливаются с применением кремниевой и арсенид-галлиевой технологий (рис. 18).

Кристаллы 3D ФЭ матриц функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями по технологии «кристалл на плате» монтируются с двух сторон на LTCC-плату и закрываются герметичным корпусом с механическим разъёмом и многоканальными оптическими линзовыми растрами (рис. 19, 20).

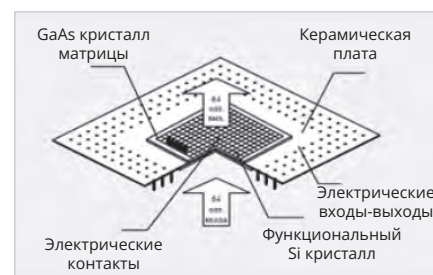


Рис. 19. Связь в 3D МОЭМ

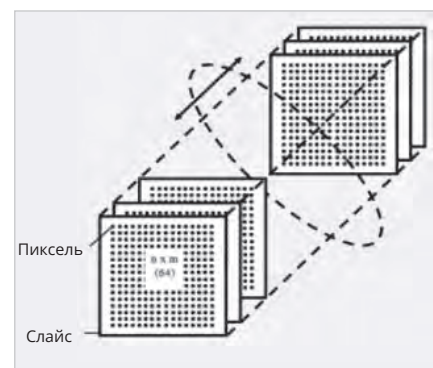


Рис. 20. Организация потоковой «вертикальной обработки»

3D фотон-электронная технология является комплексной технологией для реализации 3D ФЭ матриц функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями на базе кремниевых и арсенид-галлиевых интегральных схем (рис. 21–25), которые реализуют следующие виды обмена информацией:

- оптический приём – логическая обработка, коммутация – оптический выход;
- оптический приём – логическая обработка, коммутация – электрический выход;
- электрический приём – логическая обработка, коммутация – оптический выход;
- электрический приём – логическая обработка, коммутация – электрический выход.

Основные конструктивные единицы 3D ФЭ МПМ:

- мезонинная LTCC-плата для монтажа компонентов 3D ФЭ МПМ;
- 3D ФЭ СБИС МНП в составе четырёх кристаллов;
- 3D ФЭ СБИС МВЛ в составе четырёх кристаллов;
- 3D ФЭ СБИС SW МНК в составе одного кристалла;
- корпус 3D ФЭ МКП с многоканальными линзовыми растрами;
- 3D ФЭ МКЦ – корпус цилиндрический с многоканальными линзовыми растрами;

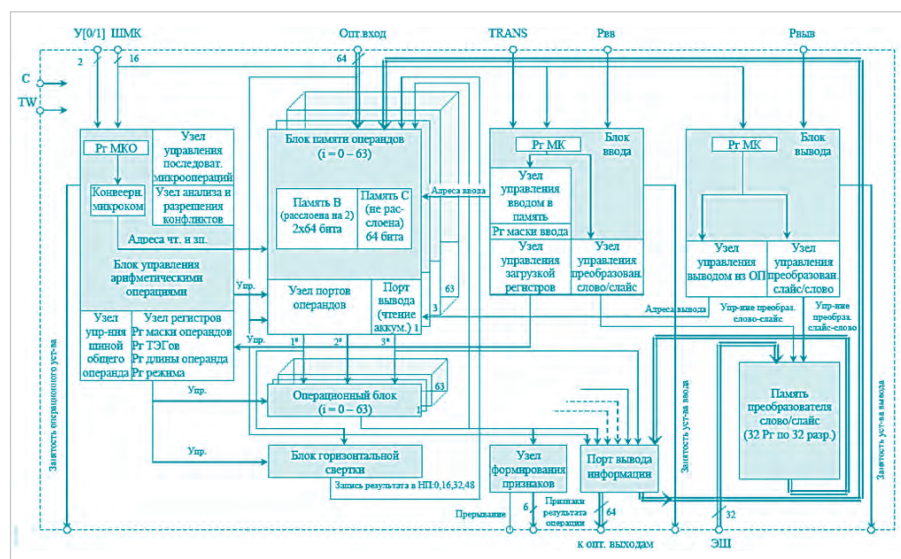


Рис. 21. Структурная схема 3D ФЭ матрицы функциональной СБИС

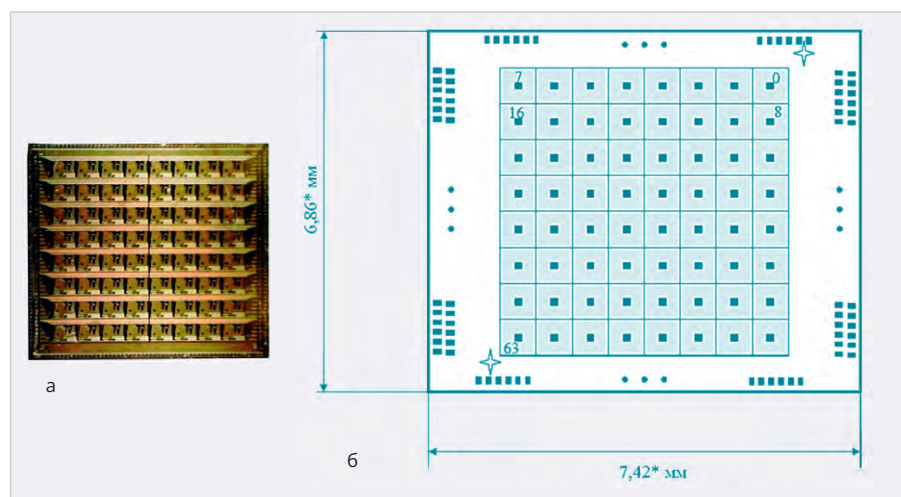


Рис. 22. Фотография (а) и архитектура (б) 3D ФЭ матрицы функциональной СВИС с оптическими и электрическими связями и 8х8 процессорными элементами (ПЭ)

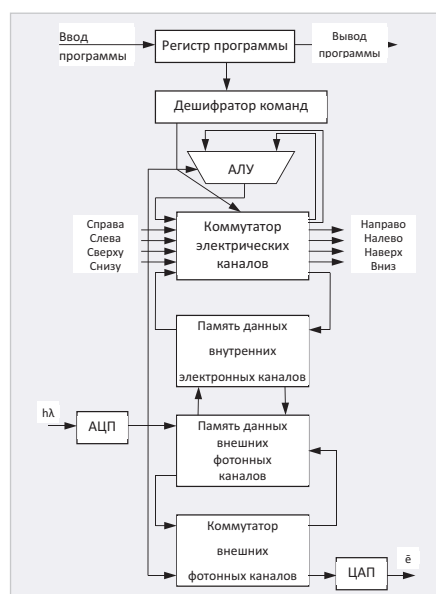


Рис. 23. Структура процессорного элемента (ПЭ) 3D ФЭ матрицы функциональной СБИС с оптическими и электрическими связями

-
- мезонинная LTCC-плата – 1 шт.;
 - микросхема 3D ФЭ МНП СБИС с матрицей процессорных элементов – 4 шт.;
 - микросхема 3D ФЭ МВЛ СБИС с матрицей лазеров вертикального излучения – 4 шт.;
 - корпус параллельный 3D ФЭ МКП с линзовыми растрами – 1 шт.;
 - корпус цилиндрический 3D ФЭ МКЦ с линзовыми растрами – 2 шт.;
 - оптический мультиплексор 3D ФЭ МОМ с призмами – 2 шт.;
 - процессор 1892ВМ14Я с электронными схемами – 1 шт.;
 - многоканальный электрический разъём для электрического питания и функциональных электрических интерфейсов – 1 шт.

Минимальная пропускная способность 512 матричных фотонных бесконтактных линий связи – 819,2 Гбит.

Минимальная пропускная способность 256 канальных фотонных волоконных линий связей – 25,6 Гбит.

Минимальное число удалённых абонентов с двухсторонней связью и электромагнитной защитой – 64.

Достоинство 3D М ФЭ ПМ в дистанционной программно-перестраиваемой архитектуре под конкретный алгоритм решаемой задачи без извлечения 3D М ФЭ ПМ из базового изделия, в отличие от аппаратной прошивки, как в системах с ПЛИС.

3D ФЭ матрицы функциональных СБИС, которые применяются в процессорных модулях 3D ФЭ МПМ:

- система на кристалле 1892BM14Я: микропроцессор 1892BM14Я и кристаллы памяти;
- многоканальный электрический разъём для электрического питания и функциональных электрических интерфейсов.

3D ФЭ МПМ позволяет реализовать режим матричной, потоковой обработки информации, поступающей по многоканальным фотонным каналам, с обработкой информации «на проходе», без промежуточного её хранения.

Электрические интерфейсы 1892ВМ14Я позволяют 3D ФЭ МПМ непосредственно сопрягаться с процессорными модулями и датчиками, а фотонные интерфейсы через волоконные оптические линии связи (ВОЛС) – связываться с удалёнными 3D ФЭ МПМ (рис. 26).

Состав 3D ФЭ МПМ с 3D ФЭ матрицами функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями:

- 3D ФЭ МНП СВИС – фотон-электронная матрица нейронных процессоров. Каждый ПЭ матрицы обеспечивает многоканальный АЦП/ЦАП приём и выдачу фотонных сигналов, цифровую обработку сигналов, функциональную обработку, хранение и коммутацию данных, внутренних и внешний обмен информацией по фотонным и электронным каналам с высокой пропускной способностью;
- 3D ФЭ МВЛ СВИС – фотон-электронная матрица лазерных диодов вертикального излучения для генерации многоканальных фотонных сигналов;
- 3D ФЭ МНК СВИС – фотон-электронная матрица неблокируемой коммутации фотонных и электрических каналов – маршрутизатор аэрокосмического стандарта SpaceWire.

Концепция архитектуры потокового нейросетевого процессора на основе 3D фотон-электронной матричной элементной базы и пространственной многоканальной фотонной сети

Все современные нейронные вычислители построены по планарной технологии с электрическими интерфейсными связями, а это фундаментальный их недостаток. Биологическое строение мозга имеет объёмную конструкцию и многомерные всесторонние нейронные связи.

В нейронных вычислителях основная вычислительная нагрузка ложится на сетевые архитектуры. Кто создаст вычислительную платформу с идеальной нейронной сетевой архитектурой с фотонной многоканальной полносвязной реконфигурируемой связью, тот получит доступ к рыночному разнообразию внедрения изделия, как для гражданского, так и для специального применения (рис. 27).

Матричный 3D ФЭ нейровычислитель на основе аналоговых оптических вычислений, элементов оптических систем и многоканальной, пространственной фотон-электронной и волоконно-оптической связи (рис. 28)

Состав нейровычислителя:

- три 3D ФЭ М ПИМ с 256 ПЭ и многоканальной пространственной фотонной связью;
- функция обработки – трёхуровневая, аналогово-цифровая;
- базовый 3D ФЭ М ПИМ – 3 шт.;
- оптический волоконный многоканальный пространственный преобразователь – 6 шт.;
- фотонный сумматор – оптическая линза – 3 шт.

3D ФЭ матричная нейроморфная среда ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНС с фотонной многоканальной импульсной нейроморфной сетью (SNN) на основе 3D ФЭ МПП и 3D ФЭ МНП СБИС с реформируемым нейроморфным чипом «Алтай»

Нейроморфный чип российской разработки «Алтай» и его матрица нейроядер конструкторско-технологически реформируется под объёмный

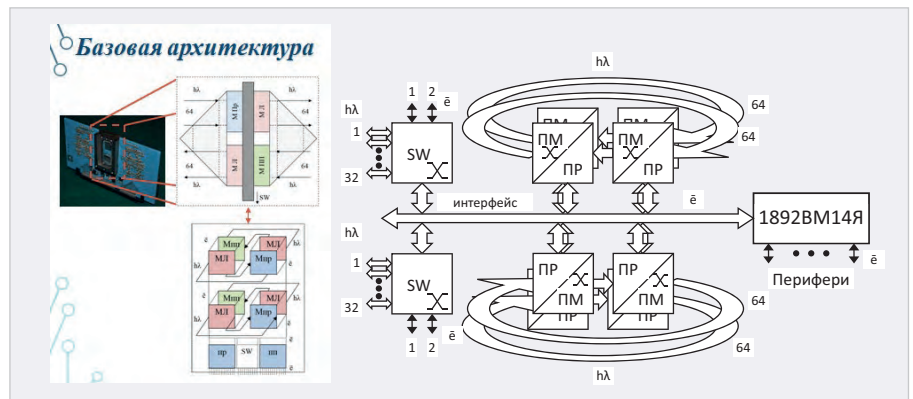


Рис. 24. Архитектура 3D ФЭ МПМ с 3D ФЭ матрицами функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями

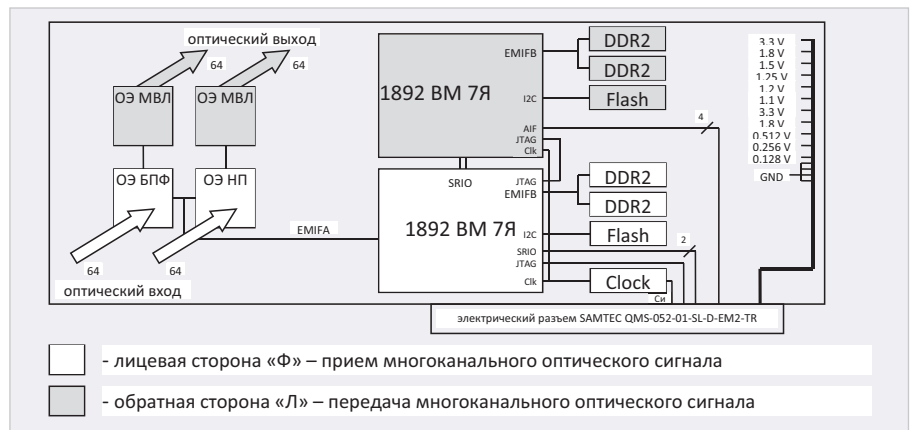


Рис. 25. Структурная схема 3D ФЭ МПМ с 3D ФЭ матрицами функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями

фотон-электронный матричный нейроморфный процессорный СБИС – 3D ФЭ МНП СБИС с матрицей АЦП/ЦАП и неблокирующим коммутатором матрицы выходных фотонных сигналов по кремниевому-фотонной технологии ООО «ОЭС».

Чип «Алтай» получает в каждое нейроядро матрицы входной плоскости чипа фотонный импульсный сигнал с каналной аналого-цифровой величиной информационного сигнала до 256 бит.

После алгоритмической обработки входных сигналов из каждого нейроядра матрицы выходной плоскости чипа передаются цифро-аналоговые электрические импульсные сигналы для матрицы лазеров вертикального излучения с каналной величиной информационного сигнала до 256 бит.

3D ФЭ МНП СБИС устанавливается на объёмные фотон-электронные матричные процессорные платы – 3D ФЭ МПП.

Архитектура матричной пространственно-временной нейроморфной среды – 3D ФЭ МНС с шестнадцатью 3D ФЭ МПП каждая, с четырьмя/восе-



Рис. 26. Фотография 3D ФЭ МПМ с 3D ФЭ матрицами функциональных СБИС с оптическими и электрическими связями

мью 3D ФЭ МНП СБИС, 3D ФЭ МВЛ СБИС и оптическими призмными мультиплексными элементами представлена на рис. 29–31.

Фотонные информационные связи в матричной пространственно-временной нейроморфной среде – 3D ФЭ МНС

- В матричной пространственно-временной потоковой нейроморфной среде 3D ФЭ МНС располагается шестнадцать 3D ФЭ МПП. Каждая

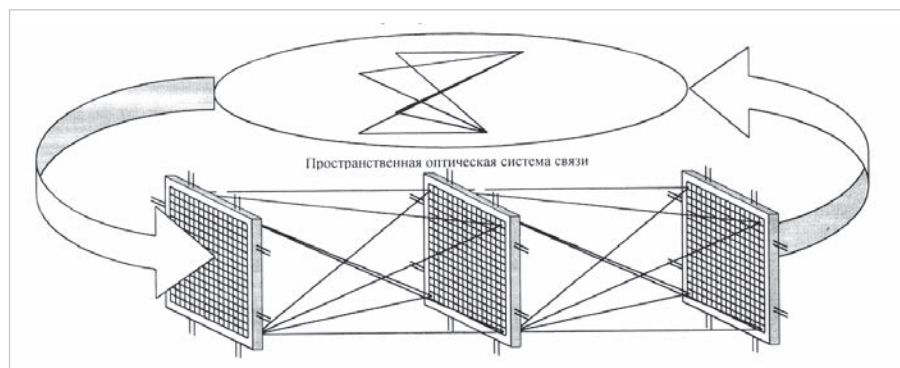


Рис. 27. Концепция архитектуры матричного нейронного процессора

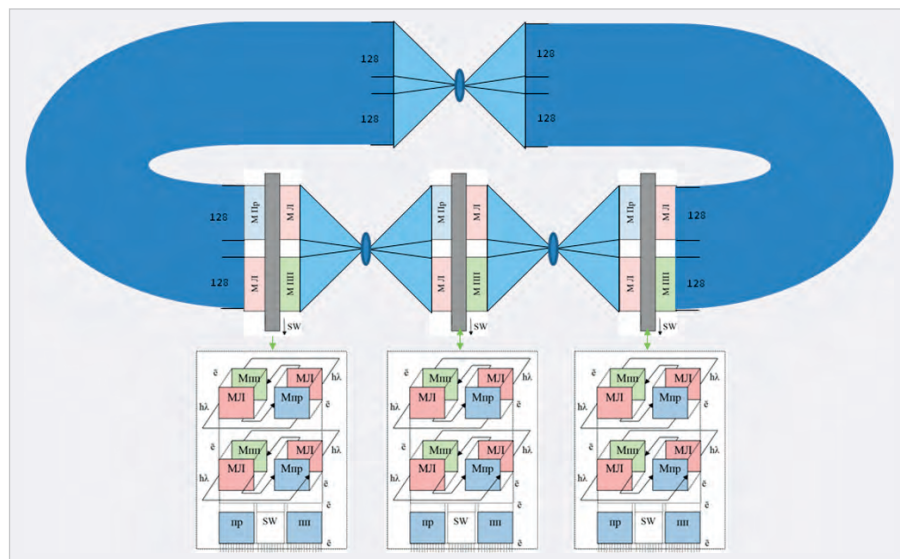


Рис. 28. Матричный 3D ФЭ 256-ядерный нейровычислитель

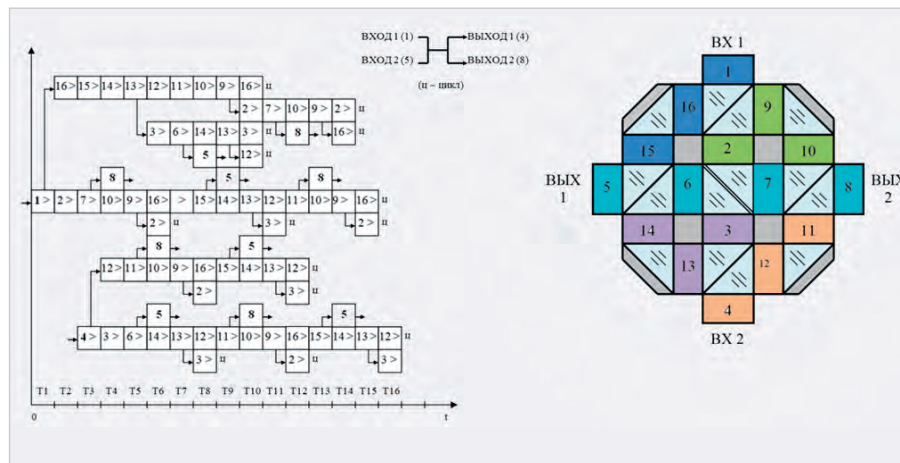


Рис. 29. Структурная схема и информационные потоки 3D ФЭ МНС

3D ФЭ МПП содержит четыре/восемь 3D ФЭ МНП СБИС с матрицами 32×32 нейронных ядер и 3D ФЭ МВЛ СБИС с матрицами 32×32 лазеров вертикального излучения. Каждый выход матриц нейронных ядер 3D ФЭ МНП СБИС в 3D ФЭ МПП связан через оптическую призмную систему с входом с одной или двумя матрицами нейронных ядер 3D ФЭ МНП СБИС в 3D ФЭ МПП и их 1024

или 2048 нейронными ядрами. Также организована оптическая связь и у других 3D ФЭ МПП с их матрицами нейронных ядер.

- В матричной пространственно-временной потоковой нейроморфной среде – 3D ФЭ МНС, содержащей шестнадцать 3D ФЭ МПП с четырьмя или восемью 3D ФЭ МНП СБИС с матрицами 32×32 нейронных ядер. В 3D ФЭ МПП имеется 16 777 216 или

33 554 432 нейрона с 4 294 967 296 или 8 589 934 592 синапсами.

- В матричной пространственно-временной потоковой нейроморфной среде – 3D ФЭ МНС, содержащей четыре или восемь 3D ФЭ МНП СБИС в 3D ФЭ МПП, в случае реализации в 3D ФЭ МНП СБИС неблокирующего коммутатора фотонных выходных каналов 3D ФЭ МНС реализует архитектуру произвольного формирования структуры нейроморфных сетей с многократным увеличением фотонных информационных связей.
- В матричной пространственно-временной потоковой нейроморфной среде – 3D ФЭ МНС, содержащей четыре или восемь 3D ФЭ МНП СБИС в 3D ФЭ МПП, возможна реализация интерфейсных электрических связей между 3D ФЭ МНП СБИС на 3D ФЭ МПП, что, соответственно, увеличивает гибкость информационных потоков в нейроморфной сети 3D ФЭ МНС.
- 3D ФЭ матричная фотонная нейросетевая оптическая платформа ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНОП строится на 3D ФЭ МПП и 3D ФЭ МНП СБИС с тензорной, систолической, нейроморфной архитектурой и реализует свёрточные нейронные сети (CNN) или импульсные нейроморфные сети (SNN) (рис. 32).

Конструктивная единица 3D ФЭ МНОП

- В 3D ФЭ матричной нейросетевой оптической платформе – 3D ФЭ МНОП – располагается четыре 3D ФЭ МПП. Каждый 3D ФЭ МПП содержит четыре 3D ФЭ МНП СБИС с тензорной, систолической или нейроморфной архитектурой, связанных между собой по электрическому интерфейсу.
- 3D ФЭ МНП СБИС содержит матрицу 32×32 нейронных ядер.
- Каждый фотонный вход-выход четырёх матриц нейронных ядер 3D ФЭ МНП СБИС 3D ФЭ МПП соединён через фокон-линзовую оптическую систему и оптическую мультиплексную призму с фотонным входом-выходом двух 3D ФЭ МНП СБИС 3D ФЭ МПП и их 512 нейронными ядрами. Так же организована фоконно-линзовая оптическая система и у других матриц нейронных ядер 3D ФЭ МНП СБИС 3D ФЭ МПП.
- В 3D ФЭ матричной нейросетевой оптической платформе – 3D ФЭ МНОП матрица выходных сигналов нейронных ядер 3D ФЭ МНП СБИС 3D ФЭ МПП.

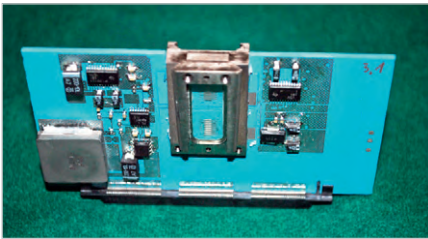


Рис. 30. Фотография конструкции 3D ФЭ МПП

● МПП суммируется с помощью оптической линзовой системы и передаётся во входной канал принимающей нейронной матрицы. Программа решает, индивидуально или полностью принять результат выхода нейрона с матрицы выходных сигналов через фокусную оптическую систему: сразу с 512 соседними нейронами ядрами или индивидуально с помощью не блокирующего коммутатора. Так же организована многоканальная связь и с другими матрицами нейронов 3D ФЭ МНП СБИС.

Фотонные информационные связи в 3D ФЭ матричной нейросетевой оптической платформе – 3D ФЭ МНБП(МНОП)

В 3D ФЭ МНБП(МНОП) каждый 3D ФЭ МПП содержит четыре 3D ФЭ МНП СБИС с матрицей процессоров тензорной, систолической или нейроморфной архитектуры, связанных между собой по электрическому интерфейсу.

Матричные процессоры – 3D ФЭ МНП СБИС размерностью $32 \times 32 = 1024$ ПЭ с нейронными ядрами.

$1024 \times 1024 \times 2 = 2\,097\,152$. Прямые фотонные связи с нейронными ядрами.

$2\,097\,152 \times 4 = 8\,388\,608$. Прямые фотонные связи между четырьмя кристаллами 3D ФЭ МНП СБИС с нейронными ядрами.

$8\,388\,608 \times 4 = 33\,554\,432$. Прямые фотонные связи между четырьмя 3D ФЭ МПП с четырьмя 3D ФЭ МНП СБИС размерностью $32 \times 32 = 1024$ ПЭ с нейронными ядрами.

$8\,388\,608 \times 256 = 2\,147\,483\,648$. Прямые фотонные связи с нейронами в 3D ФЭ МНБП(МНОП).

$2\,147\,483\,648 \times 256 = 549\,755\,813\,888$. Прямые фотонные связи с синапсами в 3D ФЭ МНБП(МНОП).

В 3D ФЭ матричной нейросетевой оптической платформе – 3D ФЭ МНБП/МНОП реализуется:

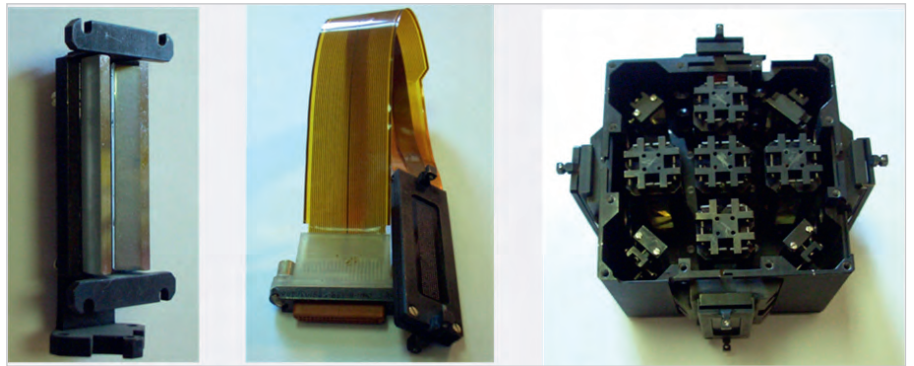


Рис. 31. Фотография конструкции матричной пространственно-временной потоковой нейроморфной среды – 3D ФЭ МНС с шестнадцатью функциональными 3D ФЭ МПП и оптическим призмным мультиплексным элементом

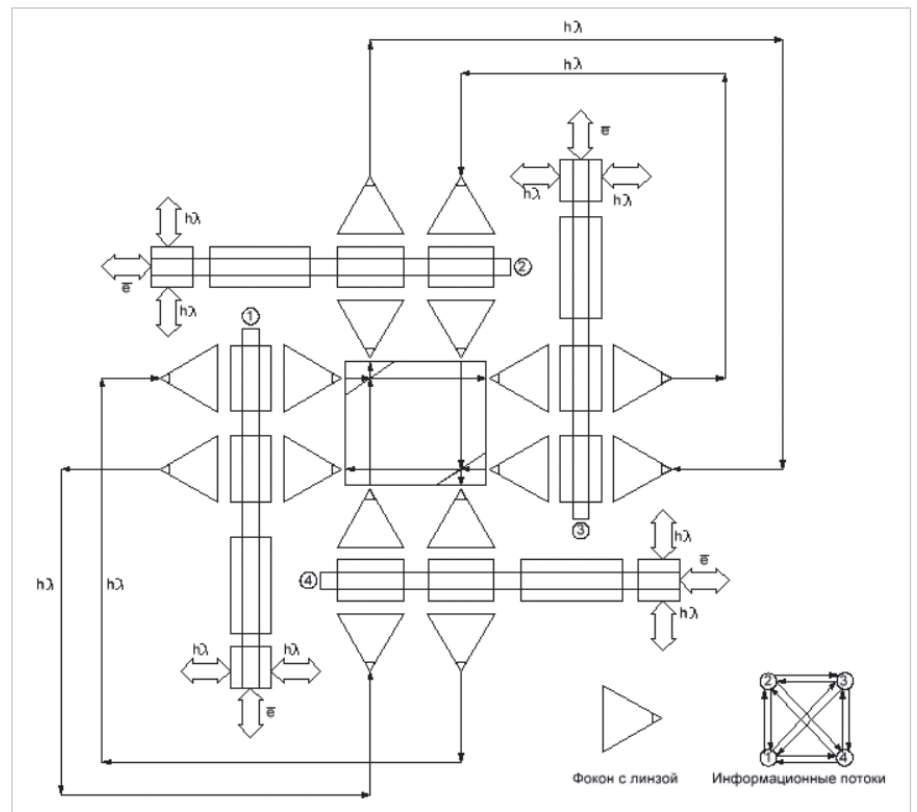


Рис. 32. Архитектура 3D ФЭ матричной нейросетевой оптической платформы ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНОП

● 2 147 483 648 (два миллиарда сто сорок семь миллионов четыреста восемьдесят три тысячи шестьсот сорок восемь) фотонных связей с нейронами;

● 549 755 813 888 (пятьсот сорок девять миллиардов семьсот пятьдесят пять миллионов восемьсот тринадцать тысяч восемьсот восемьдесят восемь) фотонных связей с синапсами.

Базовая платформа ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНБП(МНОП) с фотонной многоканальной связью на основе 3D ФЭ МПП и 3D ФЭ МНП СБИС и оптических призмных мультиплексных элементов для систем искусственного интеллекта с приме-

нением как свёрточных нейронных сетей (CNN), так и импульсных нейроморфных сетей (SNN) является 3D ФЭ МНБП потоковой, пространственно-временной, перестраиваемой архитектурой и включает в себя (рис. 33):

- базовый 3D ФЭ МПП – 4 шт.;
- оптический мультиплексор 3D ФЭ МОМ с призмами – 4 шт.

Число удалённых абонентов с двухсторонней связью и электромагнитной защитой – 256.

3D ФЭ матричный нейросетевой кластер ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНК с фотонной многоканальной связью на основе 3D ФЭ МПП и 3D ФЭ МНП СБИС и оптических призмных мульт-

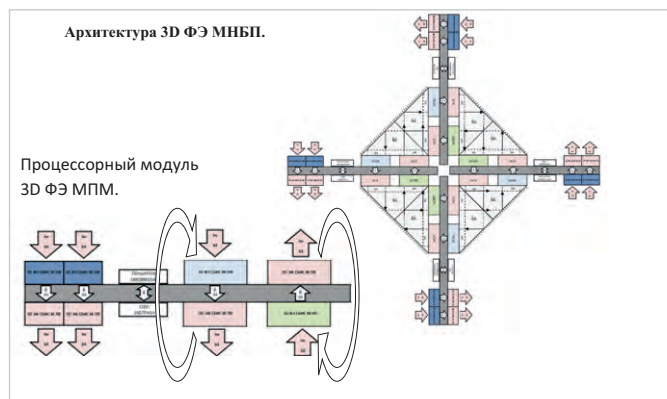


Рис. 33. 3D ФЭ матричная нейросетевая базовая платформа ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНБП

типлексных элементов для систем искусственного интеллекта с применением как свёрточных нейронных сетей (CNN), так и импульсных нейроморфных сетей (SNN) включает в себя 3D ФЭ МНБП – 4 шт (рис. 34).

Фотонные информационные связи в 3D ФЭ матричном нейросетевом кластере ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНК

3D ФЭ МНК содержит четыре 3D ФЭ МНБП, каждый имеет 2 147 483 648 прямых фотонных связей с нейронами и 549 755 813 888 прямых фотонных связей с синапсами.

В 3D ФЭ матричном нейросетевом кластере ООО «ОЭС» – 3D ФЭ МНК реализуется:

- $2\,147\,483\,648 \times 4 = 8\,589\,934\,592$ (восемь миллиардов пятьсот восемьдесят девять миллионов девятьсот тридцать четыре тысячи пятьсот де-

вяносто две) фотонные связи с нейронами;

- $415\,226\,380\,288 \times 4 = 1\,660\,905\,521\,152$ (один триллион шестьсот шестьдесят миллиардов девятьсот пять миллионов пятьсот двадцать одна тысяча сто пятьдесят две) фотонные связи с синапсами.

Сервер на базе 3D ФЭ с матричными нейросетевыми кластерами – 3D ФЭ МНК и потоковой, пространственно-временной, перестраиваемой архитектурой способен реализовать любой уровень ИИ.

3D кремниково-фотонная технология ООО «ОЭС» реализует 3D фотон-электронные матричные, многоканальные связи в обеих плоскостях чипов, изготовленных по кремниевой или арсенид-галлиевой технологии. 3D ФЭ нейрочипы для 3D ФЭ нейропроцессоров более эффективны, чем нейрочипы для нейропроцессоров, изготовленных по

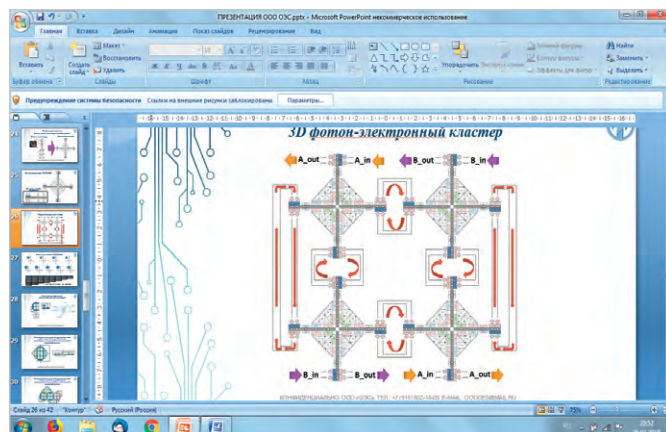


Рис. 34. 3D ФЭ матричный нейросетевой кластер – 3D ФЭ МНК

2D полупроводниковой технологии с планарными электрическими выводами. Изделия с 3D кремниково-фотонной технологией ООО «ОЭС» полностью реализуются на российских предприятиях.

3D кремниково-фотонная технология ООО «ОЭС» и 3D ФЭ конструкторские и технологические решения позволяют создавать 3D ФЭ изделия с ИИ и применять их в специальных системах, например, беспилотных летательных аппаратах и в гражданских системах для создания сервера с программно-сетевой адаптацией и большим объёмом памяти искусственного мозга.

Серверы с ИИ для медицинской нейроинформатики позволяют устранять непрофессиональные диагнозы врачей и избежать таких трагедий, которая произошла с моей женой, которую я потерял, прожив совместно 50 лет счастливой жизни.



НОВОСТИ МИРА

США подготовили новые санкции в отношении 30+ компаний технологического сектора КНР

Американская администрация намерена включить в «чёрный список» китайского производителя чипов флэш-памяти Yangtze Memory Technologies Corp (YMTC) и свыше 30 других китайских компаний, что закроет им доступ к закупкам определённых типов продукции, сообщило в среду агентство Bloomberg.

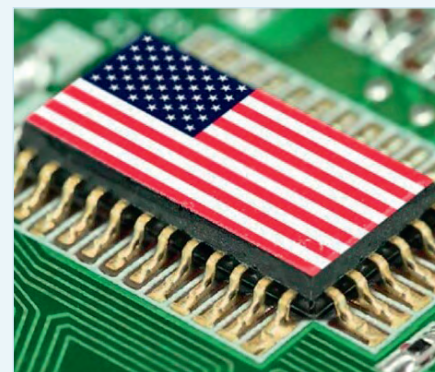
По информации источников Bloomberg, министерство торговли США внесёт YMTC и другие китайские компании в список организаций и лиц, действующих вопреки национальной безопасности и внешнеполитическим интересам

США (US Entity List), «уже на этой неделе».

Находящимся в списке компаниям блокируется доступ к американским технологиям. Поставлять их можно только при наличии специальной экспортной лицензии от министерства торговли США.

Напомним, в ноябре из-за политического давления Apple отказалась закупать чипы флэш-памяти у YMTC, альтернативным поставщиком была выбрана Samsung Electronics. В сенате США Apple пригрозили беспрецедентными проверками в случае покупки чипов у китайцев для iPhone 14.

Отметим, США последовательно подрывают возможности КНР по созданию передовой полупроводниковой продукции. Вашингтон формирует антикитайские альянсы, переманивает мировых произво-



дителей чипов на свою территорию, объявляет компании КНР угрозой национальной безопасности, ограничивает доступ ведущим китайским производителям к американским технологиям.

industry-hunter.com

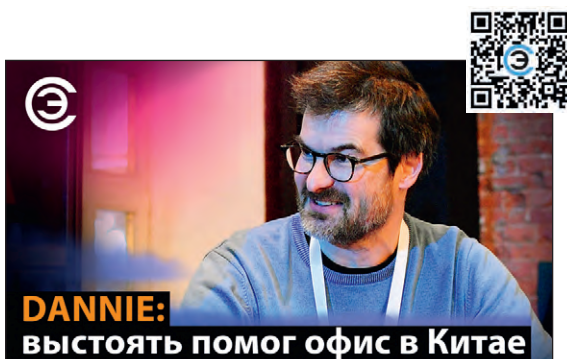
Смотрите на канале СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА



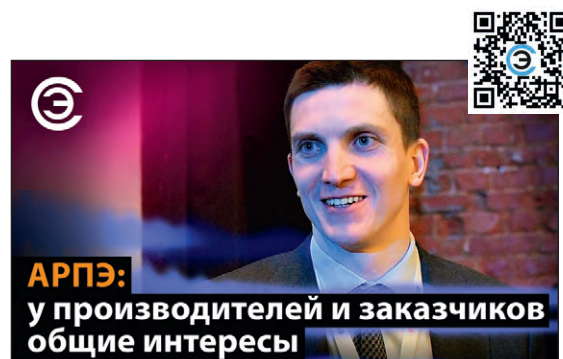
Сергей Пилкин, ЭРЕМЕКС



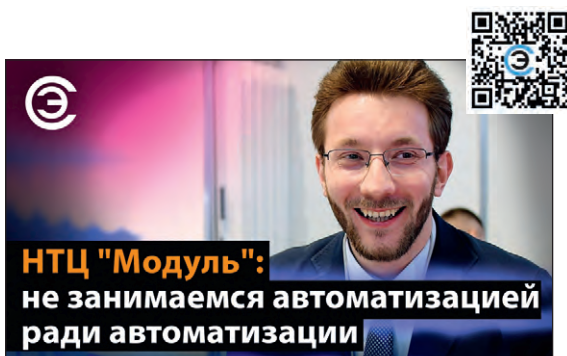
Лев Теверовский, АСКОН



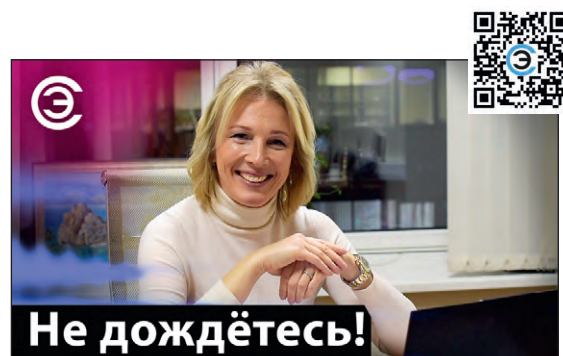
Николай Александров, Dannie



Иван Ларионов, АРПЭ, компания «Третий тин»



Халиль Эль-Харжж, НТЦ «Модуль»



Светлана Легостаева, АНО «Консорциум «Вычислительная техника» / Часть 1

Мировой инфляционный кризис оптоволоконна

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Оптоволоконно – важнейший материал для высокоскоростных и надёжных телекоммуникационных сетей. Ценообразование «лихорадит» не только в России, так как связано с производством гелия и тетраоксида кремния, которые Россия ранее поставляла всему миру. В статье рассматриваются особенности и перспективы создавшейся ситуации, актуальной в конце 2022 года, в том числе возможности импортозамещения.

В странах Северной Европы, Индии и КНР зафиксирован значительный рост цен на оптоволоконные кабели. Стоимость оптоволоконна увеличилась с уровня \$3,70 за 1000 м кабеля в марте 2021 года до \$6,30 за 1 км кабеля в сентябре текущего года, что говорит о росте в 70%. В 2012–2019 гг. повсюду в мире был замечен спад стоимости оптоволоконна. Теперь его стоимость приходится отслеживать буквально по дням. Это привело к значительному увеличению сроков поставки оптоволоконна из-за рубежа в Россию. При этом среднее потребление выросло за тот же период на 8,1%. Северная Америка пострадала от этого меньше, считают эксперты. К примеру, в США стоимость оптоволоконна достигла максимума в июле 2019 года после семилетнего спада цен – с 2012 года.

Анализ динамики изменения цен и тенденции свидетельствует о том, что рост цен на оптоволоконно продолжится, и к этому надо быть готовым. Предупреждён – значит защищён. Тенденция объясняется тем, что запланированные крупными компаниями и холдингами – производителями услуг по созданию инфраструктуры телекоммуникаций и разработки РЭА задачи имеют пролонгированный эффект, как и долгосрочные проекты с государственным участием, рассчитанные на несколько лет, под которые отпущены материальные средства. Ситуация в России примерно такая же: отечественные компании вынуждены переходить на более дешёвые материалы и (или) повышать стоимость услуг, закупая оборудование и материалы у тех же производителей по новым ценам. О причинно-следственной связи явления поговорим далее.

Пандемия «помогла»

Спрос на интернет-услуги резко возрос с началом пандемии и переходом части сотрудников на удалённую работу. Но не всё однозначно даже с причинно-следственной связью и влиянием одних и тех же факторов: с другой стороны, крупнейшие технологические и телекоммуникационные компании вынуждены были сократить капиталовложения. Это привело к нехватке оптоволоконного кабеля, одного из важнейших элементов интернет-инфраструктуры. Холдинги, названия которых у всех на слуху, пытаются удовлетворить растущий спрос пользователей с помощью специальных информационных центров с прокладкой магистральных линий в разных регионах. Вместе с тем масштабно реализуется развёртывание широкополосной связи в формате 5G-сетей. Эти факторы требуют технологического материала – оптоволоконных кабелей. По оценкам, опубликованным в [2], потребление оптоволоконна в I полугодии 2022 года выросло на 8,1% в сравнении с аналогичным периодом 2021 года.

Причинно-следственная связь

Нехватка оптоволоконных кабелей и повышение цен на них обусловлены ростом цен на компоненты, используемые в процессе производства. Важнейшим компонентом для изготовления оптоволоконного материала является гелий, стоимость которого с 2020 года по сей день выросла на 135% [3, 4].

Стоимость другого важного компонента – тетраоксида кремния – выросла на 50%. Причем гелий производится в России в больших объёмах. Из России он поставлялся даже в КНР, где налажено масштабное производство опто-

волоконна. Это замечание также объясняет условно незначительный рост цены на оптоволоконно в США (за последние 2 года), так как в США гелий тоже производится в достаточных количествах, причём в стране Линкольна и Рузвельта есть собственные производства оптоволоконна. Отсюда уместен вывод в области импортозамещения: чтобы избежать кризиса (роста цен), отечественной промышленности в России необходимо наращивать объёмы собственного производства – выпуска оптоволоконных кабелей для решения запланированных задач и исключения материальных потерь. Ведь гелий в России есть. Особая и традиционная сфера потребления оптоволоконных кабелей в России – Интернет- и телекоммуникации для трансляции; развитие услуг в этих сферах ещё долго будет актуальным.

Отечественные и совместные компании «Москабель-Фуджикура», «ОФС-Связьстрой-1», «Нева-кабель», «Еврокабель» (и некоторые другие) продолжают работу на российском рынке. Несколько предприятий работают в Беларуси. Что касается производителей гелия, как основного сырья для оптоволоконна, то в России до последнего время работали 10 заводов, аффилированных с корпорацией «Газпром», однако остался производитель гелия – Оренбургский гелиевый завод (ОГЗ) на базе Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Причины сокращения производства гелия связаны не только с экономическими трудностями (притом что, как мы показали в статье, спрос на гелий значительно увеличился, следовательно, можно торговать и получать прибыль от заказов), но и с уменьшением содержания гелия в перерабатываемом сырье. Производство гелия в Оренбурге упало с 5,1 млн м³ в 2017 году до 3,9 млн м³ в 2021 [1].

А в это время...

Группа исследователей из Национального института информационных и коммуникационных технологий (НИИТ, Япония) установила новый мировой рекорд скорости передачи

данных с использованием 55-модового оптического волокна стандартного диаметра. Это достигнуто благодаря методу кодирования информации в 180 световых волнах разной длины и последующего мультиплексирования; так разработчики добились скорости в 1,53 петабит в секунду (Пбит/с). Это почти в миллион раз больше, чем подключение с гигабитной скоростью передачи данных. К сравнению – что это за «скоростная величина»: пропускной способности в полтора Пбит/с достаточно для передачи всего мирового интернет-трафика по одному оптоволоконному кабелю.

Технология основана на характеристиках различных длин волн света, доступных в широком спектре, – это и создаёт преимущество. Условно каждый «цвет» видимого и невидимого человеку спектра имеет собственную частоту, следовательно, это можно использовать для передачи на расстоянии независимого информационного потока данных, а затем на приёмном устройстве демодулировать его. Принцип модуляции и демодуляции был широко известен ещё в XX веке, а теперь он внедрён в сферу оптоволоконной связи на большие расстояния и относительно малыми потерями сигнала и большой надёжностью.

Важно и то, что для передачи данных используют единственный стеклянный сердечник. Сигнал сначала модулируется в спектре, образуются 55 независимых потоков с разной информацией. На другом конце волокна входящие сигналы декодируются.

Расстояние между передающим и приёмным электронными узлами достигло 25,9 км. Это то расстояние, при котором принимается корректный сигнал. Учёные из Датского технического университета и Технического университета Чалмерса в шведском Гетеборге с помощью оптического чипа уже достигли «скоростных» показателей – пропускной способности оптоволоконной в 1,84 Пбит/с. Данные актуальны на ноябрь 2022 года. Разработчики утверждают, что передача информации осуществлялась в С-диапазоне на 184 различных длинах волн – отдельных, непересекающихся частотах, созданных для одновременной передачи данных по оптоволоконному кабелю [5].

О преимуществах новой-старой технологии можно говорить много, но для сравнения важны фактические цифры: в 2019 году достигнута эффективность спектра в 105 бит/с на 1 Гц. В 2022 году удалось достигнуть спектральной эффективности в 332 бит/с на 1 Гц. Пока сия оптическая техноло-

гия не коммерциализирована и является экспериментальной. Однако, как показывает стремительное развитие прогресса в области информационных технологий и производства материалов к ней, не за горами новые достижения и новые скорости, сравнимые со скоростью света.

Литература

1. Пирожков А. Деловой Петербург. Газ нарасхват: рекламный рынок и развлечения страдают от нехватки гелия. URL: https://www.dp.ru/a/2022/06/01/Gaz_narashvat.
2. Кашкаров А.П. Мощные светодиоды в осветительных устройствах // Современная электроника. 2014. № 6. С. 26–31.
3. Международная деловая газета Financial Times. URL: www.ft.com.
4. Фетисов В. В мире наметился дефицит оптоволоконной – цены в некоторых странах уже взлетели на 70%. URL: <https://3dnews.ru/1070806/globalnaya-nehvatka-optovolokonnoy-kabelya-ugrozaet-tsifrovomu-rostu?from=related-grid&from-source=1077362>.
5. Tom's Hardware. URL: <https://www.tomshardware.com/>.
6. Хижняк Н. Установлен мировой рекорд скорости передачи данных по стандартному оптоволокну – 1,53 Пбит/с. URL: <https://3dnews.ru/1077362/publikatsiya-1077362>.



НОВОСТИ МИРА

К 2024 году мировая индустрия чипов инвестирует более 500 миллиардов долларов в новые заводы

К 2024 году участники мировой полупроводниковой отрасли вложат более 500 млрд долларов в 84 новых завода по выпуску микросхем, строительство которых начнется в период с 2021 по 2023 годы. С таким прогнозом выступила отраслевая организация Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI), объединяющая производителей полупроводниковой продукции, соответствующего оборудования и материалов.

Наибольшие инвестиции в полупроводниковые предприятия ожидаются со стороны чипмейкеров, специализирующихся на выпуске компонентов для автомобильной отрасли и высокопроизводительных вычислительных систем. В своем прогнозе SEMI учла 33 новых полупроводниковых завода, строительство которых стартовало в 2022 году, а также еще 28 предприятий, запланированных на 2023 год.

Недавно принятый в Соединенных Штатах закон CHIPS and Science Act, предусма-

тривающий госинвестиции в развитие полупроводниковой промышленности США на сумму 280 млрд долларов, вывел Америку в лидеры по объёму капитальных затрат на новые предприятия по производству чипов. По данным SEMI, с 2021 по 2023 годы в регионе начнется строительство 18 таких заводов.

В то же время Китай опередит все другие регионы по числу новых полупроводниковых предприятий. В стране планируется запустить 20 новых заводов, на которых будут применяться зрелые про-

изводственные технологии.

В Европе и на Ближнем Востоке запланировано или начато строительство 17 новых заводов с 2021 по 2023 год, что, кстати, стало историческим максимумом для региона EMEA (Европа, Ближний Восток и Африка).

На Тайване за указанный период появится «всего» 14 новых предприятий. Страны Юго-восточной Азии вместе с Японией построят 6 новых заводов и ещё три новых фабрики появятся в Южной Корее.

russianelectronics.ru



Автоматизация светофора

Сергей Шишкин (schischckin.sergei2014@yandex.ru)

В публикации рассмотрен пример построения системы управления для светофора на базе элементов промышленной автоматизации – программируемого реле ПР200 и панели оператора ИПП120 – в среде программирования OWEN Logic.

Представляемое устройство выполнено на базе промышленных средств автоматизации: панели оператора ИПП120 (далее – ИПП120) и программируемого реле ОВЕН ПР200-24.4.2 (далее – ПР200). Они широко используются для построения автоматизированных систем управления при решении задач локальной автоматизации. Их применение снижает затраты на проектирование и изготовление систем управления, повышает надёжность последних, снижает издержки и эксплуатационные расходы.

Вышеуказанные приборы поддерживают следующие функции:

- работа по программе, записанной в память;
- работа в сети RS-485 по протоколу Modbus RTU/Modbus ASCII в режимах Master или Slave;
- отображение данных на ЖКИ;
- управление подключёнными устройствами с помощью дискретных или аналоговых сигналов (для ПР-200);
- ввод и редактирование данных с помощью кнопок на лицевой панели.

ИПП120 и ПР200 представляют собой программируемые приборы с дисплеем. Данные приборы программируются в среде Owen Logic на языке FBD. Пользовательская программа записывается в энергонезависимую Flash-память.

Структурная схема устройства представлена на рис. 1.

Устройство реализует алгоритм работы светофора по двум направлениям и поддерживает следующие функции:

- управление с основного (базового) блока;
- управление с выносного пульта управления по сети RS-485;
- изменение интервалов работы световых сигналов светофора;
- режим работы «Мигающий жёлтый»;
- индикация режимов работы устройства.

На рис. 1 ИПП120 в сети RS-485 работает в режиме Master. Соответственно, ПР200 в сети RS-485 работает в режиме Slave. Более подробно работа ПР200 приведена в [1], работа ИПП120 приведена в [2].

Фактически разработка представленного устройства сводится к разработке управляющих программ для ИПП120 и ПР200. Разработку управляющей программы в среде OWEN Logic рекомендуется начинать после тщательного ознакомления с алгоритмом работы объекта локальной автоматизации и его составных частей. Необходимо иметь представление обо всех возможных состояниях прибора при функционировании (в виде диаграммы режимов, таблицы состояний, электрической или функциональной схемы и/или др.). После того как продуманы все задачи, которые должны выполняться, необходимо составить программу на основе функций (логических элемен-

тов), функциональных блоков, а также макросов проекта. Работа над проектом включает следующее.

1. Открытие нового проекта – весь проект будет храниться в одном файле, которому следует присвоить идентификационное имя.

2. Формирование структуры текущего проекта рекомендуется выполнять в следующем порядке:

- из «Библиотека компонентов» на холст добавляются необходимые блоки путем перетаскивания их мышью при нажатой левой кнопке (из соответствующей вкладки «Функции» или «Функциональные блоки»);
- при последовательном выделении курсором блоков схемы на закладке «Свойства» устанавливаются их параметры;
- компоненты программы соединяются между собой, а также с нужными входами и выходами ПР. При этом допускается передвижение квадратов входов и выходов в вертикальной плоскости для расположения соединительных линий по кратчайшей длине.

3. Моделирование работы коммутационной программы в режиме симуляции. При проверке правильности работы коммутационной программы изменяют состояние входов, контролируя состояние выходов на соответствие нужным условиям.

4. Загрузка проекта в ПР и проверка его работы.

Рассмотрим разработку управляющих программ в среде OWEN Logic для работы светофора по двум направлени-

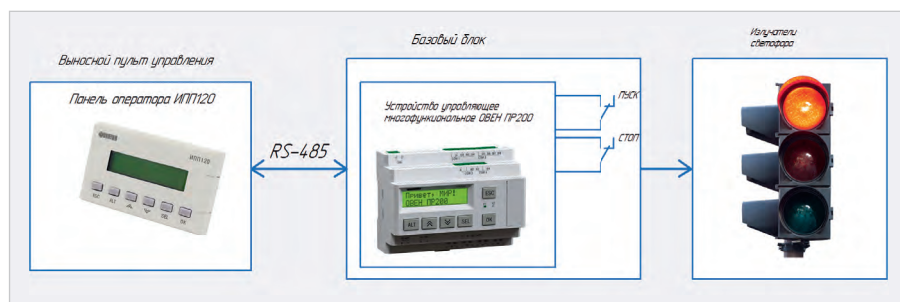


Рис. 1. Структурная схема устройства

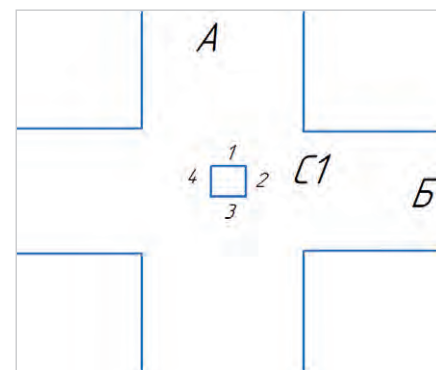


Рис. 2. Схема регулируемого перекрестка

ям. На рис. 2 приведён регулируемый светофором С1 перекресток.

Световые сигналы светофора С1 сторон (направлений) 1 и 3 регулируют движение на дороге А, соответственно стороны 2 и 4 регулируют движение на дороге Б. Временные диаграммы переключения сигналов светофора приведены на рис. 3.

Напомним алгоритм работы светофора по двум направлениям. Пусть на стороне 1 (и на стороне 3) включён красный световой сигнал светофора (далее КР1). При этом на стороне 2 (и на стороне 4) включён зелёный сигнал (далее ЗЕЛ2).

Через заданный интервал времени на стороне 2 включается мигающий сигнал ЗЕЛ2 (на стороне 1 ещё включен КР1), потом зелёный мигающий сигнал ЗЕЛ2 выключается, и одновременно на обеих сторонах включается жёлтый сигнал (далее ЖЕЛ). КР1 и ЖЕЛ горят одновременно не более 2 с. Далее на стороне 1 включается зелёный сигнал (далее ЗЕЛ1), а на стороне 2 – красный (далее КР2). И так далее в рабочем цикле. Понятно, что зелёный сигнал для стороны 1 (ЗЕЛ1) и красный сигнал для стороны 2 (КР2) функционируют аналогично ЗЕЛ2 и КР1.

Правила применения дорожных светофоров приведены в ГОСТ Р 52289-2004. Режим работы светофорной сигнализации предусматривает мигание зелёного сигнала в течение 3 с непосредственно перед его выключением с частотой 1 миг/с (допускается отклонение от указанной частоты $\pm 10\%$). Жёлтый сигнал включается на 3 секунды. Красный и зелёный сигналы включаются на определённые интервалы времени, которые определяются интенсивностью движения и дорожной ситуацией на перекрёстке.

В устройстве предусмотрено четыре режима работы (№ 1...№ 4), в которых определены интервалы включения сигналов светофора. Режим работы № 5 – периодический сигнал «Мигающий жёлтый». Режимы работ и параметры сигналов приведены в табл. 1.

Принципиальная схема устройства с выносными кнопками управления «СТАРТ» и «СТОП» для ПР200 приведена на рис. 4.

Числовые значения в скриншотах приведены условно. В табл. 4 приведено функциональное назначение отображаемых параметров на дисплее

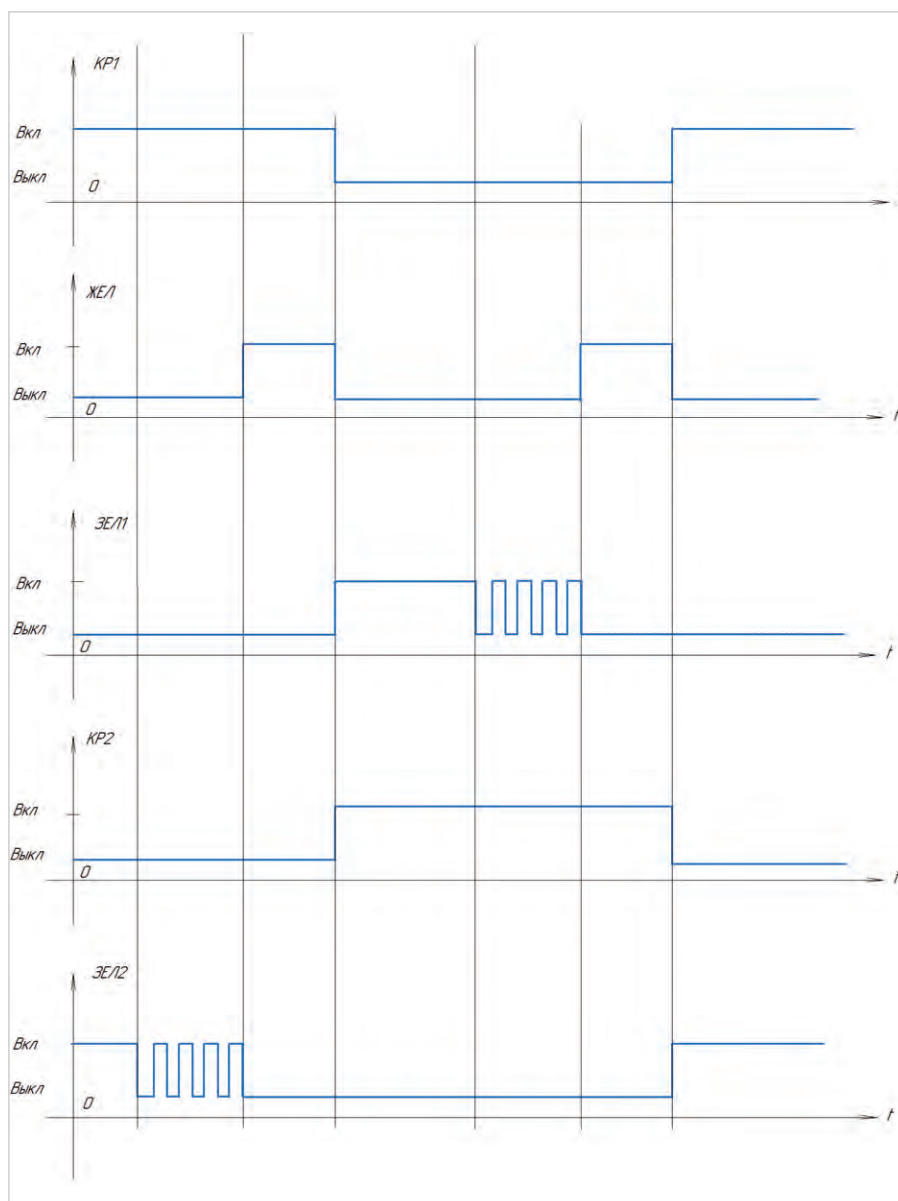


Рис. 3. Временные диаграммы переключения сигналов светофора

Таблица 1. Режимы работ и параметры сигналов

Режим работы №	Время включения КР1 (ЗЕЛ2), с	Время включения ЗЕЛ1 (КР2), с	Время включения ЖЕЛ, не более, с	Параметр на дисплее ИПП120 и ПР200, подтверждающий работу в данном режиме	Примечания
0	–	–	–		
1	10	20	3	K10 320	
2	15	15	3	K15 315	
3	20	10	3	K20 310	
4	25	10	3	K25 310	
5	–	–	Периодический сигнал с периодом 2 с и скважностью –2	МИГ Ж	Режим «Мигающий жёлтый»

ПР200. Данные параметры представлены в менеджере экранов на рис. 6.

Кнопки S1, S2 имеют следующее функциональное назначение:

● S1 (ПУСК) – функционирование по заданному алгоритму работы в соот-

ветствии с заданным параметром РЕЖИМ (табл. 1);

● S2 (СТОП) – стоп, выключение излучателей, сброс параметра УПР ПР200 в 0 (перевод управления с выносного пульта).

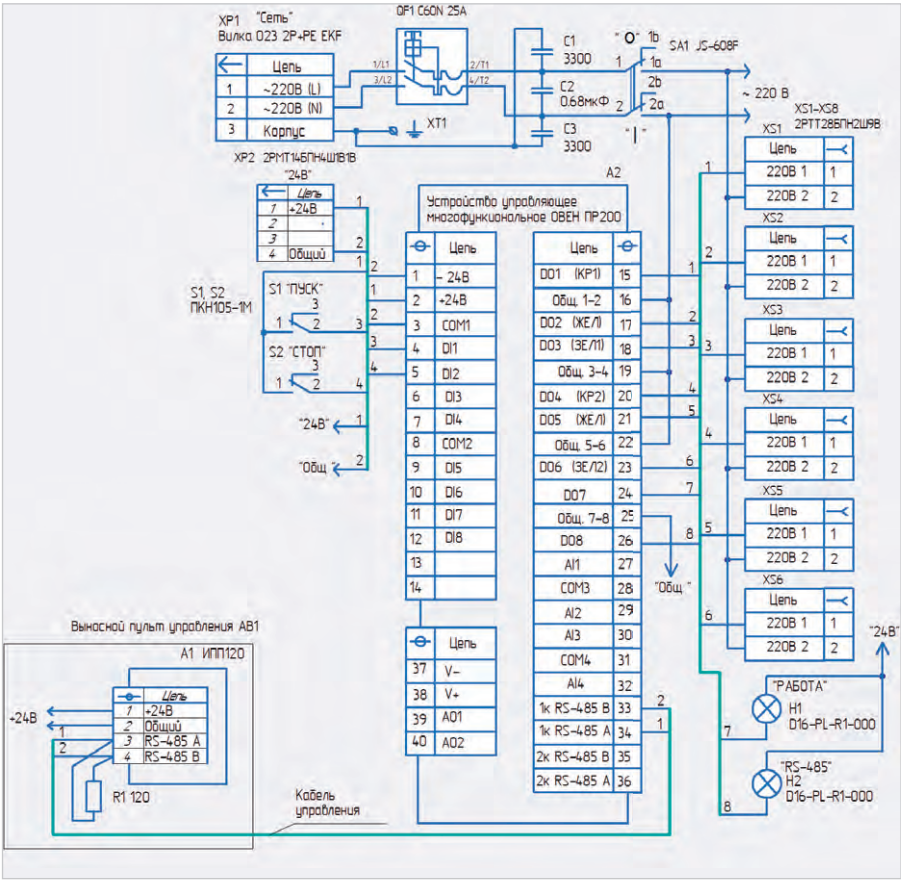


Рис. 4. Принципиальная схема устройства

Таблица 2. Функциональное назначение дискретных входов реле PR200 в устройстве

Дискретный вход в PR200	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение в устройстве	Примечание
DI1	I1	Подключение кнопки S1	Кнопка «СТАРТ»
DI2	I2	Подключение кнопки S2	Кнопка «СТОП» (сброс)

Таблица 3. Функциональное назначение дискретных выходов PR200 в устройстве

Дискретный выход	Индикаторы	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение выхода в устройстве	Примечание
D01		Q1	Включение красного сигнала на направлении 1	КР1
D02		Q2	Включение жёлтого сигнала на направлении 1	ЖЕЛ
D03		Q3	Включение зелёного сигнала на направлении 1	ЗЕЛ1
D04		Q4	Включение красного сигнала на направлении 2	КР2
D05		Q5	Включение жёлтого сигнала на направлении 2	ЖЕЛ
D06		Q6	Включение зелёного сигнала на направлении 2	ЗЕЛ2
D07		Q7	Включение светового сигнала «РАБОТА». Наличие выходных сигналов PR200, поступающих на излучатели светофора	Индикатор H1
D08		Q8	Вкл. – управление с ИПП120; Выкл. – управление с PR200	Индикатор H2
	F1		Включённый индикатор сигнализирует об отсутствии связи по сети RS-485	
	F2		–	

В табл. 5 приведено функциональное назначение отображаемых параметров на дисплее ИПП120. Данные параметры представлены в менеджере экранов на рис. 8.

Конструктивно устройство состоит из выносного пульта управления, основного (базового) блока управления и излучателей сигналов светофора по двум направлениям. Основной блок управления может быть установлен в корпусе излучателя. Интерфейс управления устройства включает в себя элементы индикации и управления ИПП120 и PR200, расположенные на лицевых панелях приборов, и две выносные кнопки «Старт», «Стоп», подключённые к PR200. Данные выносные кнопки необходимы для оперативного управления устройством при его конфигурировании с основным блоком.

Алгоритм работы устройства следующий. Устройство можно управлять как с интерфейса основного блока (с PR200), так и с интерфейса выносного пульта управления (с ИПП120).

Рассмотрим управление с основного блока (с PR200). Блок-схема управляющей программы для PR200 (рис. 5) демонстрирует работу PR200 в составе устройства. Временные интервалы работы светофора в режимах работы № 1...№ 4 записаны в соответствующие макросы «Свет101», «Свет201», «Свет301», «Свет401». Режим № 5 – «Мигающий жёлтый» – реализован в каждом из вышеуказанных макросов, но включается он в устройстве только в макросе «Свет101». Для того чтобы устройство начало функционировать по заданному алгоритму, необходимо задать режим работы и нажать выносную кнопку «ПУСК». Режим работы № 1...№ 5 в устройстве можно задать на дисплее PR200 изменением числа в параметре РЕЖИМ, тем самым записав число в переменную Regim1. Заданное число поступает на блоки сравнения SEL и сравнивается с константами. При совпадении лог.1 поступает на вход «Разреш» соответствующего макроса. При нажатии на кнопку «ПУСК» лог.1 поступает на вход детектора переднего фронта RTRIG1. С выхода данного блока единичный импульс лог.1 (длительность импульса равна циклу программы) поступает через элемент 2И на входы «Пуск» макросов «Свет101», «Свет201», «Свет301», «Свет401» и через элемент 2И на

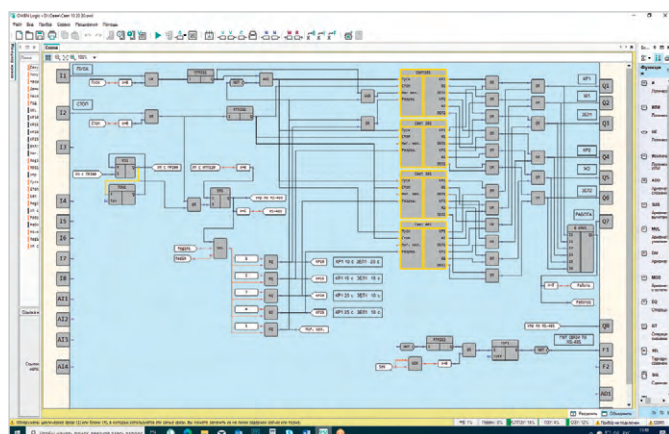


Рис. 5. Скриншот управляющей программы в среде OWEN Logic для PP200

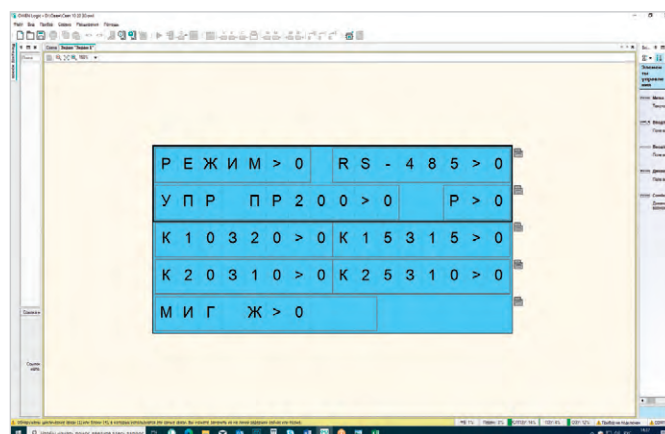


Рис. 6. Скриншот менеджера экранов управляющей программы в среде OWEN Logic для PP200

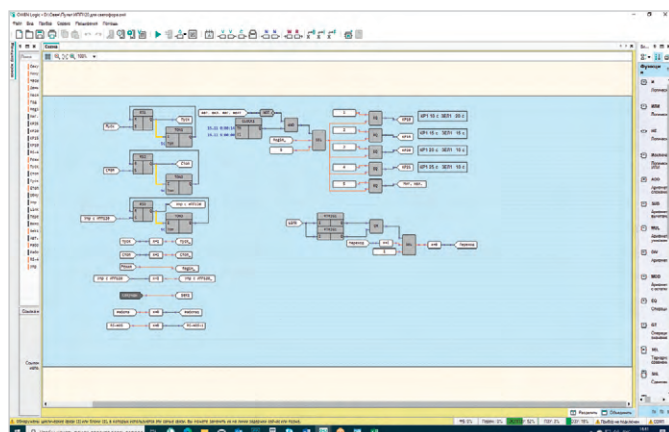


Рис. 7. Скриншот управляющей программы в среде OWEN Logic для ИПП120

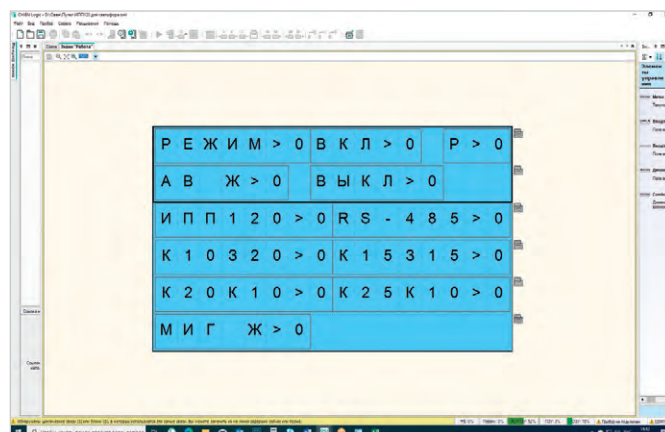


Рис. 8. Скриншот менеджера экранов управляющей программы для ИПП120

вход «Мигающий жёлтый» макроса «Свет101».

Выходные сигналы с вышеуказанных макросов через элементы ИЛИ поступают на выходы Q1...Q6 PP200 и на входы макроса «БИЛИ1». Выходы Q1...Q6 PP200 управляют световыми сигналами в излучателях светофора. Выход макроса «БИЛИ1» подключён к выходу Q7 PP200. Он управляет индикатором Н1 «Работа». При работе устройства в режимах № 1...№ 4 данный индикатор включён. А при работе в режиме № 5 – периодически мигает с периодом и скважностью сигнала ЖЕЛ.

При нажатии на кнопку «СТОП» лог.1 поступает на вход детектора переднего фронта RTRIG2. С выхода данного блока единичный импульс лог.1 поступает на входы «Стоп» макросов «Свет101», «Свет201», «Свет301», «Свет401». При этом завершается выполнение выбранной программы. Световые сигналы в излучателях светофора и индикатор «Работа» гаснут.

На элементах RS1, TON1, SR1 SEL выполнен блок управления, кото-

Таблица 4. Функциональное назначение отображаемых параметров на дисплее PP200

№	Параметр	Принимаемые значения	Исходное состояние	Функциональное назначение, описание
Параметры управления				
1	РЕЖИМ	0...6	0	0 – резерв; 1 – задаётся режим работы № 1; 2 – режим работы № 2; 3 – режим работы № 3; 4 – режим работы № 4; 5 – режим работы № 5; 6 – режим работы № 6 (описание режимов работы устройства приведено в табл. 1)
2	УПР PP200	1 (0)	0	1 – задание управления с интерфейса PP200
Информационные параметры				
3	RS-485	1 (0)	0	1 – управление устройства с выносного пульта (с ИПП120); 0 – управление с ПР-200
4	P	1 (0)	0	1 – работа устройства в заданном режиме № 1...№ 4; 0 – излучатели выключены; периодическое включение 1 – работа в режиме № 5
5	K10320	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 1
6	K15315	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 2
7	K20310	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 3
8	K25310	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 4
9	МИГ Ж	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 5

рый осуществляет функции выбора управления либо с интерфейса ИПП120, либо с PP200. При уста-

новлении на дисплее PP200 параметра «УПР PP200» в 1 устанавливается в лог.1 переменная «Уп с

Таблица 5. Функциональное назначение отображаемых параметров на дисплее ИПП120

№	Параметр	Принимаемые значения	Исходное состояние	Функциональное назначение, описание
Параметры управления				
1	РЕЖИМ	0...6	0	0 – резерв; 1 – задаётся режим работы № 1; 2 – режим работы № 2; 3 – режим работы № 3; 4 – режим работы № 4; 5 – режим работы № 5; 6 – режим работы № 6 (описание режимов работы устройства приведено в табл. 1)
2	ВКЛ	1 (0)	0	1 – включение устройства. Функционирование по заданному алгоритму работы в соответствии с заданным параметром РЕЖ
3	ВЫКЛ	1(0)	0	1 – выключение излучателей устройства
4	АВ Ж	1(0)	0	1 – автоматическое включение режима работы № 5 «Мигающий жёлтый» в интервале времени от 0 ч до 5 ч; 0 – включение режима работы № 5 «Мигающий жёлтый» с клавиатуры ИПП120 или ПР-200
5	ИПП120	1(0)	1	1 – задание управления с ИПП120
Информационные параметры				
6	RS-485	1 (0)	0	1 – управление устройств с ИПП120; 0 – управление с ПР-200
7	Р	1 (0)	0	1 – работа устройства в заданном режиме № 1...№ 4; 0 – излучатели выключены; периодическое включение 1 – работа в режиме № 5
8	K10320	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 1
9	K15315	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 2
10	K20310	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 3
11	K25310	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 4
12	МИГ Ж	1 (0)	0	1 – работа устройства в режиме № 5

Таблица 6. Сетевые переменные, задействованные в устройстве

№	Сетевая переменная	Тип	Адрес регистра Modbus (dec)	Функциональное назначение в программе
1	Regim	Целочисленное	512	Выбор режима работы устройства с ИПП120
2	Пуск_	Целочисленное	513	Пуск (старт) устройства с ИПП120
3	Стоп_	Целочисленное	514	Стоп (остановка) выполнения заданной программы с ИПП120
4	Sek	Целочисленное	515	Переменная задействована в организации контроля сети RS-485 для ПР200
5	Работа	Целочисленное	516	Подтверждение работы излучателей. Обратная связь от ПР200 к ИПП120
6	RS-485_	Целочисленное	517	Подтверждение работы устройства в режиме управления от ИПП120
7	Упр с ИПП120	Целочисленное	518	Включение управления с ИПП120

ПР200» и выход триггера RS1. Выход триггера SR1 при этом устанавливается в лог.0. Запускается таймер с задержкой включения TON1. Через 2 с на выходе TON1 устанавливается лог.1. Переменная поступает на вход R RS1, выход RS1 устанавливается в лог.0. Лог.1 с выхода SR1 поступает на управляющий вход SEL. При лог.0 на данном входе управление устройства осуществляется с интерфейса ПР200 (переменная Regim1 на блок-схеме, параметр РЕЖИМ на дисплее ПР200). При лог.1 на управляющем

входе SEL управление устройства осуществляется с интерфейса ИПП120 (сетевая переменная Regim на блок-схеме, параметр РЕЖИМ на дисплее ИПП120). Далее целочисленное значение переменной Regim1 (либо с Regim) поступает на блоки сравнения EQ, и при совпадении значения переменной с константой устанавливается лог.1 на входе «Разреш» одного из макросов «Свет101», «Свет201», «Свет301», «Свет401». Тем самым задаётся режим работы устройства.

На элементах RTRIG3, TOF1 собран блок, контролирующий обрыв связи по каналу RS-485. Через 6 с с момента отсутствия изменения значений в сетевой переменной Sek (отсутствие связи по RS-485) включится индикатор F1 в ПР200. При работающем интерфейсе RS-485 между ИПП120 и ПР200 индикатор F1 в ПР200 выключен.

Рассмотрим управление устройства с выносного пульта (с ИПП120). Выбор режима работы задаётся изменением параметра «РЕЖИМ» на дисплее ИПП120. При этом сетевая переменная Regim_ (рис. 7) принимает значения от 0 до 5 в соответствии с табл. 1. После установки параметра «ВКЛ» в 1 начинается выполнение заданного режима работы, что подтверждается установкой в 1 одного из параметров: «МИГ Ж», «K10320», «K15315», «K20K10», «K25K10». После установки параметра «ВЫКЛ» в 1 завершается выполнение выбранной программы. Предусмотрено автоматическое включение режима «Мигающий жёлтый» с заранее заданным интервалом работы. Для этого необходимо установить параметр «АВ Ж» в 1. Интервальный таймер CLOCK1 задаёт интервал работы режима «Мигающий жёлтый» в 24-часовом формате при автоматическом включении. При отсутствии обмена по интерфейсу RS-485 между ИПП120 и ПР200 на дисплее ИПП120 индицируется сообщение «ОБРЫВ по RS-485». Сетевые переменные, задействованные в устройстве, приведены в табл. 6.

Изменяя в управляющей программе для ПР200 количество макросов типа «Свет101» с заранее настроенными временными интервалами включения световых сигналов светофора, можно реализовать оптимальное регулирование движения автомобильного транспорта и пешеходов на перекрёстке в течение суток. Кроме того, в режиме Master ИПП120 в сети RS-485 может управлять устройствами, то есть с выносного пульта можно организовать управление 16 светофорами.

Литература

1. Руководство по эксплуатации. Устройство управляющее многофункциональное ПР200.
2. Руководство по эксплуатации. Панель оператора ИПП120.
3. URL: <http://www.owen.ru>.



НОВОСТИ МИРА

Россия легализует частоты для беспилотников и глушит их «Серпом-ВС»

Госкомиссия по радиочастотам намерена выделить несколько полос частот для работы в России беспилотных летательных средств. В 2021 г. для беспилотников уже была выделена одна полоса частот, но только для тех, которые предназначены для мониторинга промышленных объектов. Сейчас беспилотники используют радиочастоты в отсутствие нормативной базы. А «Росэлектроника» оснастила объекты ТЭК новой системой защиты от беспилотников.

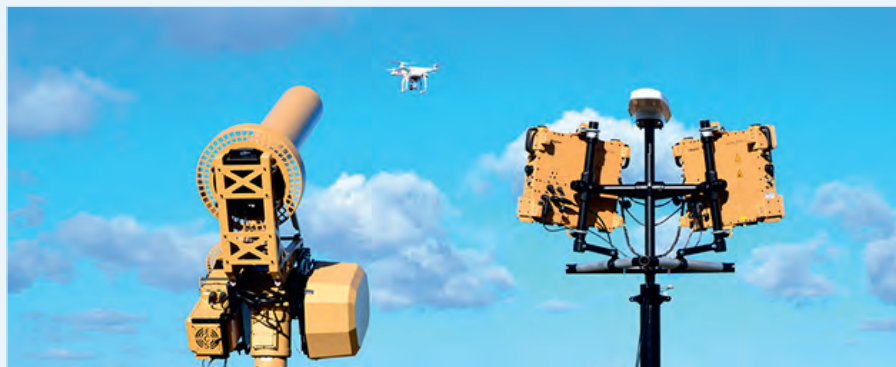
Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ) на своем ближайшем заседании намерена рассмотреть вопрос о выделении новых частот для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В России происходит расширение рынка беспилотных воздушных судов (БВС) и беспилотных авиационных систем (БАС). В том числе в 2021 г. правительство утвердило Концепцию интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство России, кроме того, происходит реализация инициативы «Беспилотная аэродромная грузозагрузка».

ГКРЧ планирует определить, что радиоэлектронные средства (РЭС), обеспечивающие функционирование БАС, относятся к воздушной подвижной службе. Предполагается выделить неопределенному кругу лиц на территории России следующие полосы радиочастот: 118...137 МГц, 390...399,9 МГц, 860...876 МГц, 902...915 МГц и 921...925 МГц для организации командной линии (управление, контроль и обмен сообщениями).

Для организации каналов передачи полезной нагрузки в БАС планируется выделить полосы частот 1427...1535 МГц, 2214...2226 МГц, 2328...2340 МГц, 2400...2500 МГц и 2580...2592 МГц.

Кроме того, планируется признать возможным использование полос радиочастот 1710...1785 МГц и 1805...1880 МГц РЭС, установленными на БАС, в рамках действующих решений ГКРЧ об использовании полос радиочастот для применения РЭС стандарта LTE (четвёртое поколение сотовой связи) и действующих разрешений на использование радиочастот для РЭС стандарта LTE.

Также планируется признать перспективными для проведения исследований о возможности использования полосы радиочастот 960...1200 МГц для организации



командной линии БАС и полосы радиочастот 5...5,2 ГГц и 5,85...6,425 ГГц для организации канала передачи полезной нагрузки в БАС.

Также ГКРЧ планирует поручить Росавиации совместно с Роскомнадзором, Минобороны, ФСО (Федеральная служба охраны) и МЧС (Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий) разработать специальный механизм внесения уточнений или дополнений в выданные разрешения на использования радиочастот или радиочастотных каналов в случае необходимости оперативного использования БАС.

Кроме того, Росавиации будет рекомендовано, совместно с другими органами власти, провести исследования возможности обеспечения электромагнитной совместимости между РЭС БАС и другими видами РЭС, работающими в полосах радиочастот 960...1200 МГц, 5...5,2 ГГц и 5,85...6,425 ГГц.

Также Росавиации будет рекомендовано, совместно с другими органами власти, провести исследования возможности пересмотра установленных технических характеристик РЭС, обеспечивающих функционирование БАС, в диапазонах 118...137 МГц, 390...399,9 МГц, 860...876 МГц, 902...915 МГц, 921...925 МГц, 1427...1535 МГц, 2214...2226 МГц, 2328...2340 МГц, 2,4...2,5 ГГц и 2,58...2,592 ГГц при соблюдении условий ЭМС между этими РЭС и другими видами РЭС, работающими в этих и смежных с ними диапазонах радиочастот.

Как отмечается в материалах ГКРЧ, в настоящее время на учёта Росавиации состоит свыше 60 тыс. БВС. Сложившаяся ситуация характеризуется функционированием радиоэлектронных средств, установленных на БВС, различных диапазонов радиочастот в условиях отсутствия нормативных документов, регулирующих условия их использования.

В конце 2021 г. ГКРЧ выделила частоты для организации связи с беспилотными воздушными судами, но только одну полосу – 5,85...6,425 ГГц – и только для одного применения – проведение воздушного наблюдения и патрулирования при обеспечении контроля состояния удалённых (труднодоступных) промышленных объектов (нефте- и газопроводов, линий электропередач и др.).

Предлагаемый проект решения комиссии направлен на решение проблемы текущего радиочастотного обеспечения БВС общегосударственного назначения, эксплуатируемых как физическими, так и юридическими лицами в других диапазонах радиочастот.

Предложения по выделению частот основаны на отчёте ECC (Electronic Communication Committee, Комитет по электронным коммуникациям, подразделение Европейской ассоциации нефрологов), рекомендовавшего минимальную ширину радиочастотных каналов, выделяемых для линий связи и управления БПЛА и для каналов передачи полезной информации с БПЛА на землю.

Согласно отчёту ECC, для БПЛА предполагается выделение двух радиочастотных полос, причём как из разных диапазонов радиочастот, так и из одного и того же диапазона: одна для радиочастотного канала управления БПЛА (скорость передачи данных в канале 0,3-1 Мбит/сек, примерная рабочая ширина полосы 0,3...3 МГц) и вторая – для передачи полезной информации (скорость передачи данных в канале 5 Мбит/сек, ширина полосы – 5...10 МГц).

Что касается отнесения РЭС, отнесённых на БВС, к воздушной подвижной службе, то такой подход согласован с Минобороны и Росавиацией. Соответственно, все предложенные диапазоны радиочастот будут выделены подвижной службе на первичной основе.

russianelectronics.ru

Применение дисплея DES E-ink в барометре-термометре-гигрометре с гистограммой изменения давления за неделю

Алексей Кузьминов (г. Москва)

В статье приведено описание аппаратной (схемы, разводка плат) и программной реализации барометра-термометра-гигрометра на базе МЭМС-датчика BME280, микроконтроллера (МК) EFM8SB20F16 и DES E-ink-дисплея GDEW029M06 (2,9 дюйма, разрешение 128×296 пикселей) с питанием от литиевой батарейки ER14505 (3,6 В, 2,7 А·ч, размер AA), обеспечивающей непрерывную работу прибора в течение как минимум 10 лет. Помимо цифровых значений давления, температуры и влажности, отражающихся на дисплее раз в 10 минут, на нём построена гистограмма суточного изменения давления за 8 дней. Рассказано о конструкции и результатах работы прибора.

Введение

Пару лет назад (в конце 2020 года) компания Good Display начала производство матриц по технологии собственной разработки DES – Display Electronic Slurry (slurry – жидкая глина, суспензия, взвесь). Преимущества дисплеев на базе матрицы DES (по данным Good Display):

- расширенный рабочий температурный диапазон;
- наличие УФ-фильтра;
- более высокий контраст;
- более низкая цена.

Что касается расширенного температурного диапазона и низкой цены, то некоторые (хотя далеко не все) современные стандартные E-ink-дисплеи также уже работают в широком тем-

пературном диапазоне, да и цена их существенно снизилась. А вот что касается контрастности изображения, то здесь действительно DES-дисплеи не имеют равных. Это объясняется следующей причиной. Если посмотреть через лупу на обычный E-ink-дисплей, то можно обнаружить, что он состоит из своеобразных сот, расположенных под небольшим углом, и каждый его пиксел является как бы конгломератом из нескольких таких сот и поэтому не имеет четких границ (рис. 1а). У DES-дисплея каждый пиксел представляет собой квадрат с четкими границами (рис. 1б), за счёт чего и достигается очень высокий контраст.

Одним из представителей таких DES-дисплеев является 2,9-дюймо-

вый дисплей GDEW029M06 размером 79×36,7×1,22 мм с разрешением 128×296 пикселей, оснащённый встроенным контроллером UC8151. Помимо очень высокой контрастности, сохраняемой даже при отрицательных температурах (по сравнению, например, с дисплеем, описанным в [1]), этот дисплей отличается сниженным до двух секунд временем обновления изображения (до 5 секунд в [1]). Этот дисплей и был выбран в данной разработке.

Дальнейшее изложение построено следующим образом. Вначале приведены принципиальные схемы устройства и кратко описаны его программные средства (в основном касающиеся вывода информации из МК в дисплей), далее показана разводка платы прибора. Затем рассмотрены конструкция прибора и результаты его работы.

Принципиальные схемы

В схеме (рис. 2) объединены сразу 3 устройства: микропотребляющий (с током потребления не более 1 мкА) стабилизатор STLQ015M30R (DA1) с выходным напряжением 3 В, МК EFM8SB20F16-QFN24 (DD1) и устройство для прямого подключения дисплея: DC/DC-конвертор на базе транзистора SI1308EDL (VT1), диодов PMEG3010 (VD1–VD3), катушки индуктивности SH3018 (L1), конденсаторов (C6–C17), резисторов R3, R4 и разъёма FPC24/0.5mm (X2), к которому подключается шлейф дисплея. В [1] эти три устройства были на трёх отдельных платах.

Конденсаторы C4 и C5 положены для штатной работы стабилизатора DA1, конденсаторы C2 и C3 – для штатной работы МК DD1. RC-цепочка R1R2C1 предназначена как для штатной работы МК при включении питания (она затягивает низкое состояние сигнала RST, требующееся по штату работы, на время заряда конденсатора C1), так и в режиме программирования по интер-

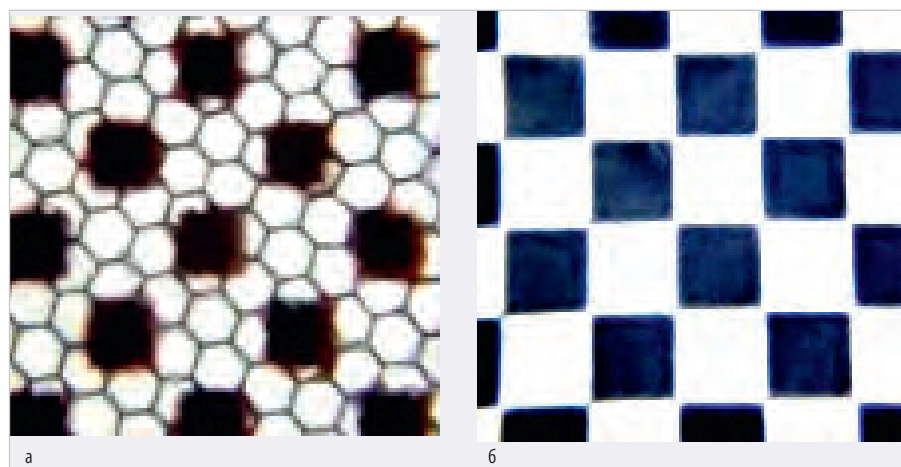


Рис. 1. Сравнение матриц двух типов E-ink дисплеев: а) Micro-cup (микро-чашка) pixel display; б) DES pixel display

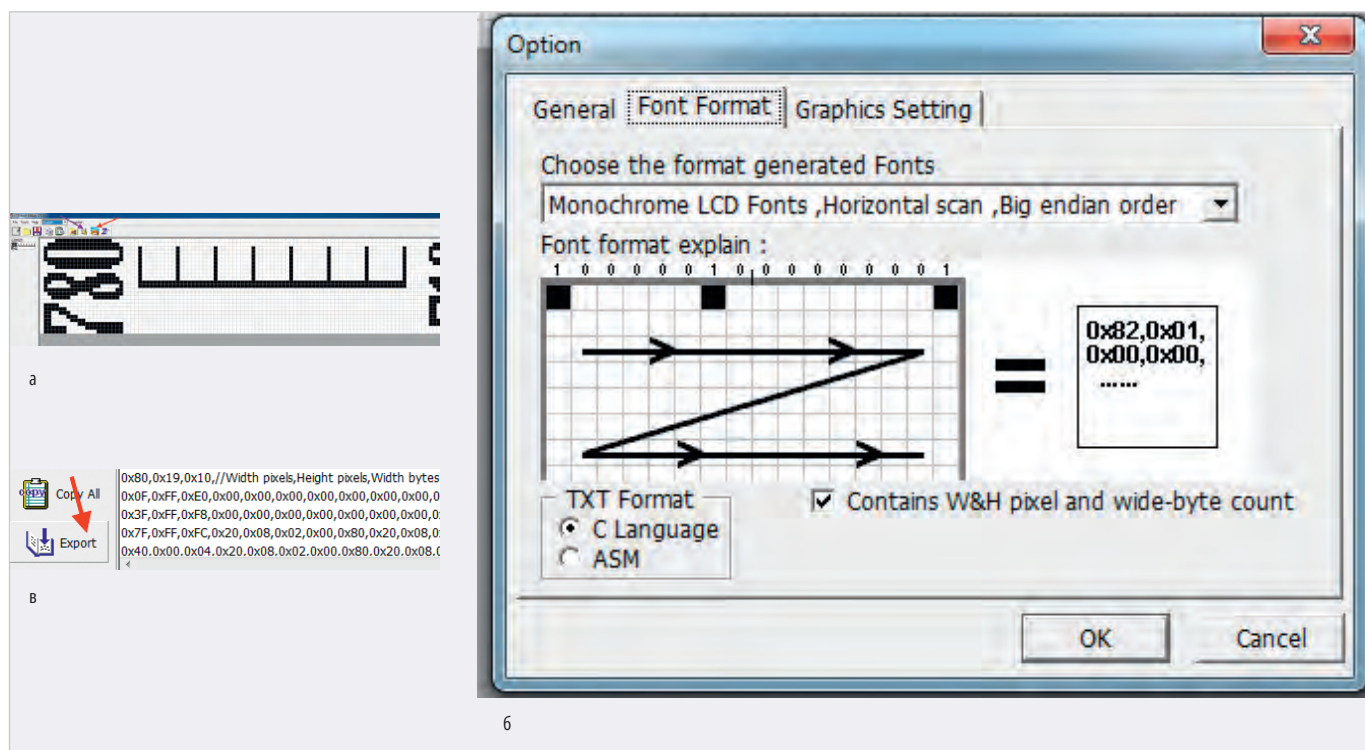


Рис. 5. Получение кодовой последовательности «картинки»: а) «картинка»; б) формат вывода кодов; в) получение файла с кодами

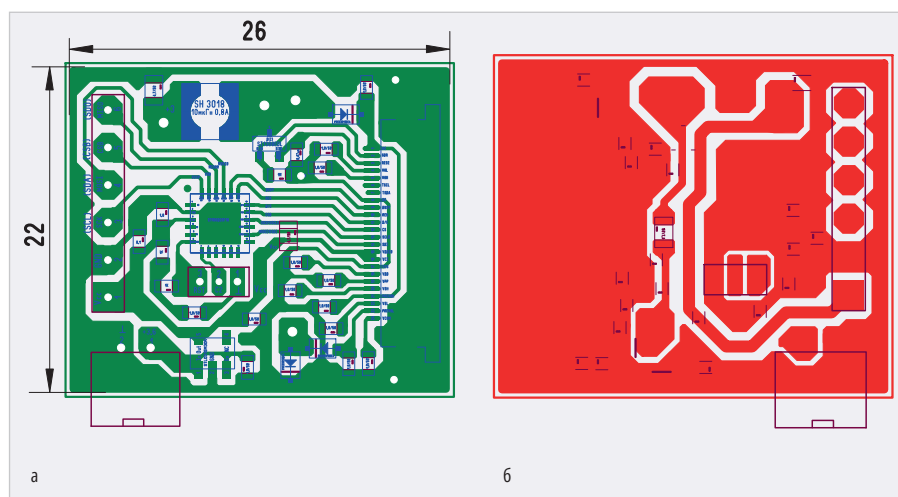


Рис. 6. Разводка платы прибора: а) вид со стороны расположения компонентов; б) вид с обратной стороны

года, а максимальное (782 мм рт. ст.) – 14 декабря 1944 года. Реальный диапазон давлений, который показывал прибор, существенно уже: от 725 до 774 мм рт. ст. Для получения «картинки» использована хорошо известная программа LCD Font Maker V3.92. В этой программе подобная картинка была буквально нарисована, а для цифровых значений использован тот же шрифт Опух жирный, но меньшего размера. Далее специальной опцией поворота эта картинка была повернута на 90° (рис. 5а). После этого опцией настройки формата вывода (сиреневая стрелка, рис. 5а) был выбран формат слева направо и сверху вниз

(рис. 5б), а опцией кодировки картинки (красная стрелка рис. 5а) получены её коды (рис. 5в). Далее, нажав кнопку «Export» (красная стрелка, рис. 5в) и назвав нужный файл, можно получить все коды картинки, которые затем уже вставить в программу в виде массива. Если этот массив выводить подряд, то за счёт встроенного в контроллер дисплея инкрементирования и декрементирования счётчиков строк и столбцов все пиксели картинки выведутся туда, куда нужно. Размер картинки 128×25 пикселей, т.е. она строго вписывается в дисплей по вертикали (128), а расстояния между делениями в пикселях (10) как раз соответствуют 10 мм

рт. ст., т.е. каждый пиксел соответствует 1 мм рт. ст.

Третий тип вывода – это вывод гистограммы, столбцы которой представляют собой значения давления, снятые равно в полночь, за сегодняшний день и за всю предыдущую неделю. Эти значения давления сформированы в виде массива с восемью элементами (AP[8]). Поскольку измерение параметров производится раз в 10 минут, то в час происходит 6 измерений, а в сутки – 144, что нетрудно подсчитать. В полночь, когда произведены все 144 измерения, эти значения просто переписываются одно в другое, т.е. сегодняшнее давление переписывается во вчерашнее, вчерашнее – в позавчерашнее и т.п. до конца недели. В программе это выглядит следующим образом:

```
AP [ 7 ] = AP [ 6 ] ;
AP [ 6 ] = AP [ 5 ] ;
AP [ 5 ] = AP [ 4 ] ;
AP [ 4 ] = AP [ 3 ] ;
AP [ 3 ] = AP [ 2 ] ;
AP [ 2 ] = AP [ 1 ] ;
AP [ 1 ] = AP [ 0 ] ;
```

Здесь никаких особенных трудностей, на взгляд автора, не возникает.

Построение самих столбцов гистограммы давления также не отличается особой сложностью.

Идея заключается в следующем. В программном смысле каждый стол-

бец дисплея шириной в 1 пиксел представляет собой 16-байтный массив (MP[16]), поскольку по вертикали дисплей имеет разрешение 128 (128/8 = 16), а вывод осуществляется побайтно.

Пусть, например, измеренное давление равно 753 мм рт. ст. Во-первых, от этого давления необходимо отнять минимальное его значение (710 – см. рис. 5а), чтобы столбец строго вписывался в картинку: 753 – 710 = 43. Далее, поскольку столбец выводится побайтно, необходимо выяснить, сколько целых байт содержится в числе 43. Для этого 43 надо просто нацело разделить на 8: 43/8 = 5, т.е. в данном случае получим 5 нижних байт столбца, которые должны быть нулевыми, чтобы столбец выводился чёрными пикселями. А остаток от деления (в данном случае это 3) определяет, что 3 младших бита верхнего байта столбца должны также быть нулевыми, чтобы они также выводились чёрными пикселями (байт в столбец дисплея выводится сверху вниз старшим битом вперёд). Как сформировать байт, у которого количество младших бит в точности соответствует остатку (в данном случае – 3)? Один из вариантов – взять число 0xff и сдвинуть его влево на число остатка (т.е. в данном случае на 3). Здесь необходимо напомнить, что при сдвиге байта влево освободившиеся от сдвига правые (младшие) биты устанавливаются в ноль. Таким образом, если давление равно 753, то столбец состоит из 5 полных нулевых байт и трёх младших нулевых бит 6-го (верхнего) байта. Для того чтобы этот столбец шириной в 1 пиксел вывелся на своё место, соответствующее картинке, необходимо также вывести верхние и нижние пробелы (равные 0xff).

Теперь по поводу ширины столбцов гистограммы. Здесь имеет смысл сегодняшний столбец сделать потолще, чтобы он выделялся на фоне остальных, которые сделать тоньше. Ширина сегодняшнего столбца была выбрана равной 6 пикселям, ширина остальных – 3 пикселя, ширина пробелов между столбцами – 3 пикселя.

Подпрограмма вывода столбца, соответствующего давлению (P) и ширине в пикселях (N), с необходимым количеством верхних и нижних пробелов приведена ниже. С учётом вышесказанного, на взгляд автора, понять её достаточно просто.

```
void OUTSTOLB(uint8_t N,
uint16_t P)
{
    uint8_t xdata
MP[16], i, CP, OSTP, BYTEOST, k, b;
    CP= (P-710) / 8; //целая
часть
    OSTP=(P-710)%8; //оста-
ток
    if (OSTP != 0)
    {
        b=1;
        BYTEOST=0xff <<
OSTP; //сдвиг 0xff влево на
OSTP бит
    }
    else
        b=0;
    for (i=0; i<(12-CP-
b); i++)
    { MP[i]=0xff; //верх-
ние пробелы
    }
    if (b != 0) // есть
остаток
        MP[11-CP]=BYTEOST; //
биты остатка
        for (i=12-CP; i<12;i++)
        { MP[i]=0x00; //чер-
ные пиксели
        }
        MP[12]=0x7f; //P=710
        MP[13]=MP[14]=MP[15]=0xff;
//нижние пробелы
        for (k=0; k<N; k++)
        { for (i=0; i<16; i++)
            { EPD_WRITE_
DAT(MP[i]); // вывод столбца
            }
        }
    }
    //-----
```

Обращение к этой подпрограмме, если, например, требуется вывести сегодняшний столбец, равный давлению (press) и имеющий ширину в 6 пикселей, очень простое:

```
OUTSTOLB(6, press);
```

После трансляции всей программы в среде Simplisity Studio V.4 на экран в специальном окне, отражающем результат трансляции, выведется сообщение:

```
Program Size: data=118.1
xdata=38 const=0 code=9621
LX51 RUN COMPLETE. 0
WARNING(S), 0 ERROR(S)
```



Рис. 7. Общий вид прибора в открытом корпусе (без крышки)

Finished building target:
EFM8SB20F16G-A-QFN24_4.omf

Из этого сообщения можно заключить, что в программе использована почти вся внутренняя оперативная память с прямой адресацией объёмом 128 байт (data = 118,1), а внешняя оперативная память с косвенной адресацией объёмом 2 кбайт почти не использована (xdata = 38). Кодовая часть программы использует чуть более половины всей программной памяти объёмом 16 кбайт или 16 384 байта (code = 9621). Остаток программной памяти составляет: 16 384 – 9621 = 6763 байт ≈ 6,6 кбайт. Кроме того, при трансляции применена так называемая small-модель, в которой данные располагаются в области памяти с прямой адресацией (data). В этом случае, во-первых, существенно экономится программная память, а во-вторых, программа работает несколько быстрее.

Разводка платы, конструкция прибора и результаты его работы

Разводка платы сделана автором с помощью программы SprintLayout v.6. Файл разводки в формате *.lay6 приведён в дополнительных материалах к статье на сайте журнала. Из рисунка разведённой платы можно заключить, что разводка очень проста, а сама плата (рис. 6) небольшого размера (22×26 мм).

Прибор расположен в корпусе «20–22» размером 90×58×23 мм с защёлкивающейся крышкой (рис. 7), в котором для дисплея прорезано окно по размеру видимой части его экрана. Для доступа воздуха к внутреннему пространству прибора в крышке сверху и снизу сделано по 5 отверстий диаметром 4 мм. Сам дисплей приклеен к текстолитовой пластине толщиной 2 мм тонким скотчем с двусторонним липким слоем, а пластина, в свою очередь, приклеена к внутренней поверхности корпуса пори-



Рис. 8. Общий вид прибора, проработавшего неделю

стой лентой с двусторонним липким слоем. Шлейф дисплея перегнут через вырез в пластине и вставлен в разъём платы, которая приклеена к пластине такой же пористой лентой. Этой же лентой к пластине и боковой стенке корпуса приклеена батарейка. Как только разъём кабеля от батарейки вставлен в соответствующий разъём платы, прибор сразу начинает работать, и остаётся только защёлкнуть крышку. Это необходимо сделать ровно в полночь.

Показание прибора (рис. 8) снято после того, как он проработал 8 дней (с 30.11.22 по 07.12.22). В начале этого периода в Москве наблюдалось аномально высокое давление, доходившее до 774 мм рт. ст., которое постепенно снижалось, что можно определить по гистограмме. Прибор был включён за 2 минуты до полуночи (в 23:58), и каждый день в районе полуночи фиксировалось время, когда в гистограмме появлялась новая полоска. Как показал эксперимент, это время менялось с 23:57:10 до 23:59:05, т.е. абсолютная погрешность по времени составила приблизительно ± 1 минуту, хотя в руководстве по использованию МК (EFM8SB2 Reference Manual) указано, что погрешность работы внутреннего генератора RTC составляет $\pm 20\%$.



Рис. 9. Показания прибора и уличного термометра, помещённых в морозилку холодильника на час

Погрешность (± 1 минута) можно существенно снизить, если использовать внешний часовой кварцевый резонатор частотой 32 768 Гц, подключённый к выводам 8 и 9 МК (XTAL3 и XTAL4, рис. 2, рис. 4а). Однако поскольку погрешность по времени меняется как в положительную, так и в отрицательную сторону от случая к случаю, автор посчитал, что подключение кварцевого резонатора совсем не обязательно.

Как можно убедиться из рис. 9, контрастность изображения DES E-ink дисплея ничуть не снижается при отрицательных температурах, что является большим преимуществом перед обычным E-ink дисплеем, у которого изображение в этих условиях существенно тускнеет ([1]).

Заключение

Применение DES E-ink дисплея GDEW029M06 совместно с МЭМС-датчиком BME280, МК EFM8SB20F16, литиевой батарейкой ER14505 и микропотребляющим стабилизатором STLQ015M30R позволили сконструировать прибор, который, поми-

мо цифровых значений атмосферного давления, температуры и влажности, выводит на дисплей гистограмму давления за последние 8 дней. Это позволяет в некоторой степени осуществлять прогноз давления на следующий день, что часто бывает жизненно необходимо для метеозависимых людей. То, что прибор в течение 10 лет работает без замены батарейки и, как следствие, не требует никакого обслуживания, является большим преимуществом по сравнению с похожими приборами (с OLED-дисплеями или дисплеями с ЖКИ), в которых приходится часто менять батарейки, т.е. постоянно нуждаться в обслуживании.

Литература

1. Кузьминов А. Модернизированный барометр-гигрометр-термометр с батарейным питанием на базе микроконтроллера EFM8SB20F16 и E-ink дисплея // Современная электроника. 2022. № 9.
2. Кузьминов А.Ю. Связь между компьютером и микроконтроллером. Современные аппаратные и программные средства. М.: Перо, 2018.



НОВОСТИ МИРА

В Японии начали продавать квантовые компьютеры всем желающим

В Японии начались продажи портативных квантовых компьютеров китайской компании SpinQ Technology из Шэньчжэня. Ранее компания поставляла свои квантовые системы начального уровня в учебные заведения Китая, Тайваня и Канады.

По словам журналистов, в серию вошли три устройства – Gemini, Gemini Mini и Triangulum. Данные ПК являются первыми на рынке квантовыми компьютерами,

доступными для широкого потребителя. Самым дешёвым гаджетом линейки стал Gemini Mini, который также получил портативный корпус. Стоимость компьютера, имеющего мощность два кубита, составила \$8700.

Более мощная по потреблению двухкубитовая система Gemini весом 44 кг стоит существенно дороже – порядка \$43 тыс. Она также может эмулировать работу в режиме восьми кубитов, но фактически она содержит два физических кубита. В чём принципиальная разница по возмож-

ностям между Gemini Mini и Gemini не сообщается.



Наконец, за \$58 тыс. можно приобрести трёхкубитовую систему Triangulum. Она весит 40 кг.

industry-hunter.com



ЧИТАЙТЕ, КАК ВАМ УДОБНО



ПЕЧАТНАЯ И ЦИФРОВАЯ ВЕРСИИ ЖУРНАЛА

ЖУРНАЛ С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

**СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

ПОДПИСКА
НА ЖУРНАЛ

онлайн: www.soel.ru • +7 495 232-0087 • info@soel.ru
на почте: по каталогу «Урал-пресс» (индекс для печатной версии 36280)

Технология конвективной сушки пиломатериалов на основе метода корреляционного анализа

Сергей Гаев, Александр Кузнецов, Мария Бахметьева (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены возможности и преимущества применения метода корреляционного анализа для технологического процесса сушки пиломатериалов в сушильной камере конвективного типа. Приведён пример внедрения подсистемы корреляционного анализа в информационно-управляющую систему.

Введение

Сушка древесины в сушильных камерах является важным аспектом в деревообработке, так как обеспечивает получение заданных физико-химических свойств готового продукта. Процесс обработки характеризуется непрерывностью протекающих физических и химических реакций, которые, в свою очередь, зависят от многих показателей. Как показывает опыт многочисленных специалистов данной области, информационно-управляющие системы для сушки древесины в большинстве производимых сушильных установок опираются на стандартный набор данных о сушильном процессе для поддержания определённой технологии и качества конечного продукта, не учитывая, таким образом, все внешние и внутренние факторы в полной мере. Это не позволяет организовать максимально оптимальные условия функционирования, что часто приводит к появлению дефектов в высушен-

ной древесине, а также к перерасходу теплоносителя. Такие отклонения от параметров технологического процесса ведут к повышению себестоимости сушки и снижению качества высушенной древесины.

Основная часть

Процесс удаления влаги из древесины до определённого процента влажности называется сушкой древесины. Её целью стоит превращение из природного сырья древесины в промышленный материал с улучшенными биологическими и физико-механическими свойствами. В зависимости от наличия технических или финансовых средств возможно использовать естественную или камерную сушку. Большинство промышленных предприятий используют конвективные сушильные камеры, которые позволяют быстрее просушить доски и снизить влагу до уровня ниже, чем при просыхании на воздухе. Изделия укладываются

через прокладки в штабели с созданием циркуляции горячего воздуха вдоль поверхности каждого слоя. Влага перемещается от центра доски к поверхности, затем пар выносится наружу вместе с теплом.

На производствах, где требуется провести качественную сушку древесины, внедряются разнообразные средства автоматизации, управления и мониторинга. В основе управления этим автоматическим оборудованием и процессами лежит программное управление. Режим сушки древесины – это пошаговая программа поддержания определённой среды в сушильной камере в зависимости от конечных параметров высушенной древесины. Для того чтобы правильно соблюдать режим сушки, необходим постоянный контроль и регулирование основных показателей среды в сушильной камере, а также самой древесины. В России основными документами, в которых изложены правила укладки и сушки пиломатериала, требования к качеству, режимы, методы контроля и другие нормативные и расчётные материалы, являются «Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины» (ЦНИИМОД, Архангельск) (РТМ) [7], ГОСТ 19773-84, ГОСТ 18867-84, ГОСТ Р 51564-2000, ГОСТ 16588-91. Найти стандартные диапазоны и значения большинства вышеописанных параметров можно в этих документах. Оператор имеет возможность создавать и редактировать режимы по своему усмотрению, а также вносить изменения в систему, однако для этого от него требуется много знаний, опыта и научного подхода. Соответственно, персоналу необходимо предоставить функциональные возможности проведения исследований условий процесса сушки в перспективных направлениях с целью дальнейших обоснованных модернизаций.

В результате анализа предметной области были выделены основные, а также дополнительные технологические данные, которые могут подвигаться сбору, обработке и анализу

Таблица 1. Данные для сбора и обработки в системе

Переменная	Описание	Единицы измерения	Диапазон значений
T	Температура сушильного агента	°C	57...200
Ф	Влажность сушильного агента	%	0...100
t	Продолжительность сушки древесины	ч	20...200
M	Толщина древесины в штабеле	мм	10...75
ρ	Плотность древесины	т/м ³	0,42...1,16
S	Твёрдость древесины	МПа	16,4...83,5
O	Электропроводность древесины	Ом×см	1,7×10 ⁹ ...6,6×10 ¹⁷
K	Степень газопроницаемости древесины	см ² /с	0,00013...0,0562
z	Звукопроводность древесины	м/с	500...3900
λ	Теплопроводность древесины	Вт/(м·град)	0,1...0,26
C	Теплоёмкость древесины	Дж/(кг·град)	1250...2700
P	Атмосферное давление окружающей среды	мм рт. ст.	647,5...814
Ts	Температура окружающей среды	°C	-50...+50
Rvp	Паропроницаемость материала ограждения	мг/(м·ч·Па)	0...7,3
l	Расстояние между прокладками в ряду пиломатериалов	мм	400...2100
kl	Количество калориферов	шт.	1...12
vl	Количество вентиляторов	шт.	2...10

в процессе сушки. Часть из них представлена в табл. 1.

Для указанных выше исследований условий процесса сушки было решено выбрать метод корреляционного анализа, так как он широко распространён в сфере анализа статистических данных, коэффициенты корреляции относительно просты в подсчёте, а результаты могут быть использованы в дальнейшем в более сложных методах [5].

Совершенствование функционала происходило на базе разработанного ранее собственного прототипа информационно-управляющей SCADA-системы для регулирования и визуализации переходного процесса сушки, позволяющего осуществлять сбор информации в режиме реального времени с удалённых объектов с целью управления ими, а также обработки полученных данных [1, 2]. В связи с этим была спроектирована её архитектура (рис. 1), включающая в себя новую подсистему корреляционного анализа.

Информационно-управляющая система рассматриваемого технологического объекта состоит из следующих элементов.

- 1) Клиентская зона. Включает в себя пользовательские интерфейсы, с помощью которых пользователи могут получать информацию о работе системы, осуществлять ручное управление и отладку.
- 2) Элементы обработки, анализа и хранения данных. Включает в себя модуль обработки данных (OPC-сервер, SCADA-пакет), базу данных, резервную базу данных, модуль мониторинга (SCADA-пакет), подсистему корреляционного анализа. На схеме рассмотрен опциональный вариант удалённого расположения элементов обработки, анализа и хранения данных и элементов управления и контроля на дополнительном вычислительном оборудовании, но в данной работе они располагались и взаимодействовали на одном персональном компьютере.
- 3) Элементы управления и контроля. Включает в себя модули коммуникации (OPC-сервер PLC) и управления (программа PLC).
- 4) Объекты управления и контроля. Включает в себя исполнительные устройства и устройства контроля (датчики).

База данных системы реализована при помощи свободной реляционной

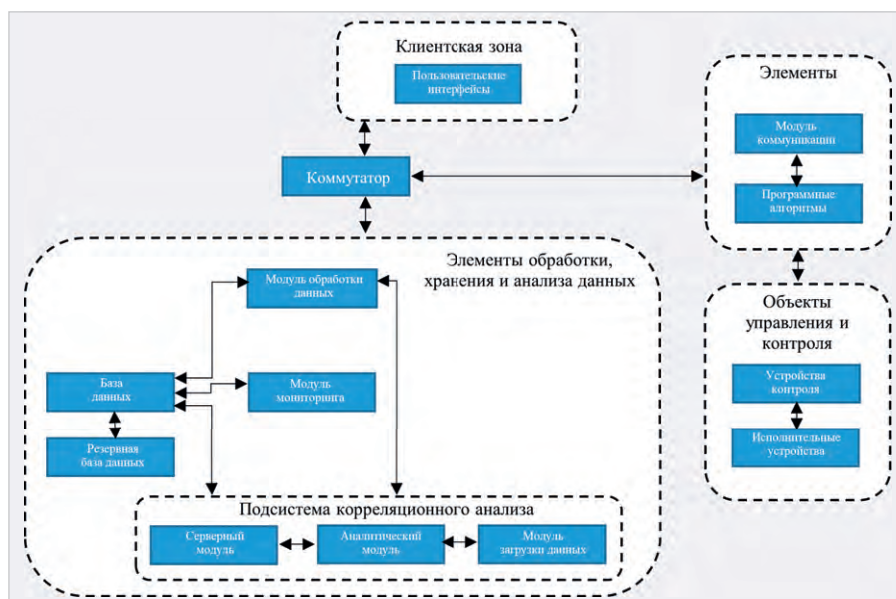


Рис. 1. Архитектура системы

Column Name	Datatype	PK	NU	UQ	B	UN	ZF	AI	G	Default/Expression
id	INT	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
timestamp	TIMESTAMP	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
testrez	VARCHAR(1000)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
koefrez	DOUBLE	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
statrez	DOUBLE	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL

Рис. 2. Свойства таблицы анализа

id	timestamp	Ts	Pstrn	wk	DW
1	2022-05-07 18:22:17	17	758	40	1.5
2	2022-05-07 18:22:19	17.5	758	40	1.5
3	2022-05-07 18:22:32	18	758	40	1.5
4	2022-05-07 18:22:36	18.4	758	40	1.5
5	2022-05-07 18:22:38	18	759	40	1.5
6	2022-05-07 18:22:40	19	758	40	1.5
7	2022-05-07 18:22:43	19	758	40	1.5
8	2022-05-07 18:22:43	19.2	758	40	1.5
9	2022-05-07 18:22:45	19.3	759	40	1.5
10	2022-05-07 18:22:48	19	759	40	1.5
11	2022-05-07 18:22:50	19.1	759	40	1.6
12	2022-05-07 18:22:52	19.5	759	40	1.6
13	2022-05-07 18:22:53	20	759	39	1.6
14	2022-05-07 18:22:54	20.2	758	39	1.6
15	2022-05-07 18:22:57	20.4	758	39	1.6
16	2022-05-07 18:22:59	20.3	758	39	1.7
17	2022-05-07 18:23:02	20.4	758	39	1.7
18	2022-05-07 18:23:04	20	759	38	1.7
19	2022-05-07 18:23:07	20	759	39	1.7
20	2022-05-07 18:23:09	20.7	360	39	1.7

Рис. 3. Свойства таблицы с набором данных для выборки

системы управления базами данных MySQL. На рис. 2, 3 представлены некоторые примеры созданных для системы корреляционного анализа таблиц, в которых присвоено название полей, задан тип данных и установлены различные атрибуты для полей. В таблице анализа собраны данные, полученные в результате каждой из операций анализа: дата проведения, значения коэффициента корреляции, статистической значимости, а также текстовые интерпретации. Для выборки в данной рабо-

те в качестве примера был использован подготовленный набор данных (рис. 3).

Принцип работы системы корреляционного анализа заключается в расчёте коэффициента корреляции, статистической значимости и их интерпретации на основе заданных пользователем (оператором, технологом) входных параметров (характеристики, временной промежуток). Для обеспечения поставленных задач установлена связь между базой данных MySQL, компонентами Simple-

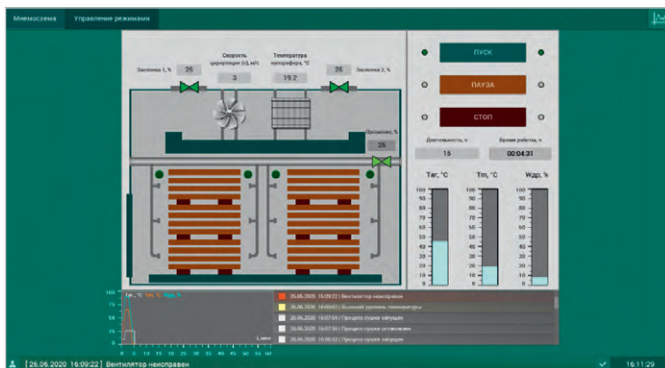


Рис. 4. Окно «Мнемосхема»

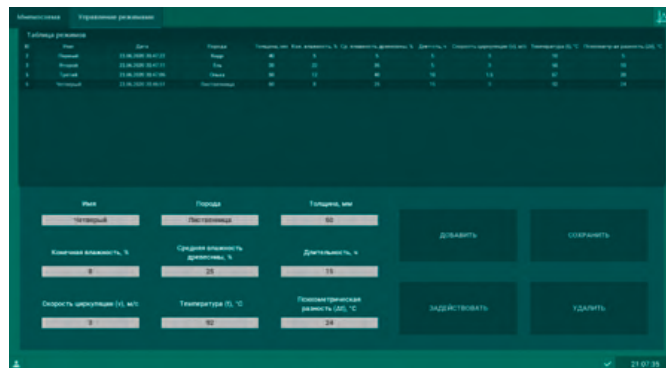


Рис. 5. Окно «Управления режимами»

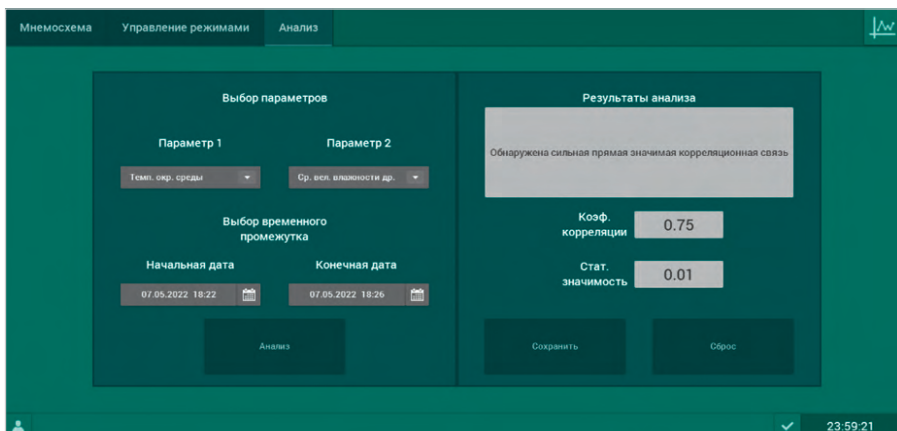


Рис. 6. Окно «Анализ»

SCADA 2 и вычислительным сервером (с помощью протокола HTTP, сценарного языка Simple-SCADA 2 и веб-фреймворка), определены необходимые переменные, на языке программирования Python написана программа, которая реализует серверную и аналитическую составляющие. Она может храниться как на жёстком диске локального компьютера, так и на удалённом сервере. Основные процессы аналитических вычислений выполняются благодаря использованию подключаемых библиотек для обработки и анализа данных («Scipy», «Pandas») [4]. Встроенный же редактор Simple-SCADA 2 использует Object Pascal компилятор, а также синтаксис, команды и операторы, присущие языкам Pascal/Delphi. Это позволяет создавать высокопроизводительные сценарии любой сложности для манипуляции объектами проекта (включая переменные, окна, тренды, сообщения) и свойствами этих объектов. В базе данных хранятся данные выборки, а также архивируются данные обо всех когда-либо выполненных операциях анализа.

Описание интерфейса стоит начать с основных элементов информационно-управляющей системы. Интерактивное меню Simple-SCADA 2 Client

позволяет эффективно управлять процессом сушки. Все параметры процесса сушки отображаются в виде удобных наглядных элементов (схем, полей и т.п.) в интерфейсе системы. В окне на рис. 4 непосредственно можно наблюдать за процессом сушки и управлять им.

В окне «Управление режимами» пользователь может увидеть список хранящихся в базе данных режимов сушки и их параметров (в таблице и в полях), а также произвести редактирование и активирование (рис. 5).

Получив в процессе сушки пиломатериалов необходимые данные, можно приступить к анализу. В добавленном окне «Анализ» (рис. 6) пользователь может увидеть панель с предварительной настройкой входных данных, а также зону с выводом результатов. Сначала из списков («Параметр 1» и «Параметр 2») нужно выбрать параметры, для которых будет проводиться корреляционный анализ, затем отметить в календарях («Начальная дата» и «Конечная дата»), за какой временной промежуток будет производиться выборка. После этого можно активировать кнопку «Анализа» и дождаться вывода результатов. В текстовом поле будет выведена интерпретация дан-

ных на основе вычислений, а также конкретные значения коэффициента корреляции и статистической значимости. Полученные результаты можно сохранить в текстовый файл (кнопка «Сохранить»), который будет находиться в папке SCADA-проекта. После всех успешно проведённых процедур рекомендуется сбросить настройки окна к исходному состоянию (кнопка «Сброс»).

Коэффициент линейной корреляции [7] принимает значения от минус 1 до 1. Модуль коэффициента свидетельствует о степени зависимости: чем ближе его значение к 0, тем слабее линейная зависимость. Чем ближе коэффициент корреляции от 0 к 1, тем сильнее прямая линейная зависимость, чем ближе от 0 к минус 1, тем сильнее обратная линейная зависимость. На практике считается, что если модуль коэффициента корреляции больше 0,7, то линейная зависимость сильная, а если менее 0,3, то почти отсутствует. Стоит заметить, что низкая степень корреляции не означает отсутствие других, нелинейных зависимостей (для них в дальнейшем может быть организовано вычисление корреляционного отношения, измеряемого от 0 до 1). Кроме того, при построении линейных моделей стоит рассматривать входные факторы внимательнее, так как они могут быть использованы для проектирования признаков. Статистическая значимость (Р-значение) показывает величину достоверности и в данном случае должна быть меньше 0,05.

На основании полученных и сохранённых данных технолог может начать более глубокие исследования в различных направлениях, а затем перейти к проведению опытов: корректировке режимов сушки, изменению конструкции сушильной камеры, перенастройке или смене оборудования,

смене географического расположения для проведения технологического процесса и т.д.

Приведённый пример демонстрирует простоту и удобство проведения корреляционного анализа в рамках информационно-управляющей системы.

Заключение

На данный момент системы управления процессом сушки в большинстве производимых сушильных установок опираются на стандартизированные данные сушильного процесса и не учитывают в полной мере все возможные факторы, не позволяя организовать наиболее точную и эффективную настройку. Вышеописанная разработка даёт соответствующие возможности для исследования условий процесса сушки в перспективных направлениях и дальнейших обоснованных изменений, позволяя повысить качество продукции и энергоэффективность технологического процесса – основные показатели производства.

Литература

1. *Рябов И.В.* Автоматизированные информационно-управляющие системы: учебное пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. 200 с.
2. *Смирнов Ю.А.* Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2020. 456 с.
3. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: учебное пособие / И.А. Елизаров, А.А. Третьяков, А.Н. Пчелинцев и др. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. 160 с.
4. *Федоров Д.Ю.* Программирование на языке высокого уровня Python: учебное пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2021. 210 с.
5. *Шихалёв А.М.* Корреляционный анализ. Непараметрические методы. Казань: Каз. ун-т, 2015. 58 с.
6. *Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н.* Прикладные методы анализа статистических данных: учеб. пособие // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. 310 с.
7. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов / Архангельск: ОАО «Научдревпром – ЦНИИМОД», 2000. 125 с.
8. *Михеев А.А.* Методы и средства автоматизированного управления сушильной камерой (промышленность): дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. ИРНИТУ. Иркутск, 2015. 133 с.
9. Standard Australia (2001). Timber – Assessment of Drying Quality. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS) 4787. Sydney, 2016. 24 p.
10. Standard Australia (2000). Timber – Classification into Strength Groups. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS) 2878. Sydney, 2017. 36 p.
11. *Siau J.F.* Transport processes in wood. Springer-Verlag, New York, 1984. 245 p.
12. *Sjostrom E.* Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. Academic Press Limited, London, 1993. 293 p.
13. *Skaar C.* Wood Water Relations. Springer-Verlag, New York, 1988. 283 p.
14. *Stamm A.J.* Wood and Cellulose Science. Ronald Press, New York, 1964. 509 p.
15. *Langrish T.A.G., Walker J.C.F.* Transport Processes in Wood. In: Walker, J.C.F. Primary Wood Processing. Chapman and Hall, London, 1993. 121–152 p.
16. *Haque M.N.* The Chemical Modification of Wood with Acetic Anhydride. MSc Dissertation. The University of Wales, Bangor, UK, 1997. 99 p.



НОВОСТИ МИРА

Глава НЦФМ рассказал об отечественной альтернативе литографическому оборудованию от ASML

На просторах Сети уже появлялась информация о том, что в России ведутся работы по литографической установке, способной выпускать 7-нм чипы, и даже говорилось о первых образцах полупроводников, а теперь появились новые данные по разработкам в этом направлении.

По словам научного руководителя НЦФМ Александра Сергеева, которые он привёл, выступая на завершившемся сегодня форуме «Атомэкспо 2022», в основе российского литографического оборудования будут лежать три отечественных достижения.

В пример, на который нужно ориентироваться и даже обойти его, Сергеев привёл литограф от ASML с модельным номером NXE:3400B, имеющий 13,5-нанометровую длину волны. Принцип функционирования данного оборудования заключается в испарении лазерной установкой капля из олова, в результате чего образуется плазма, а уже рентген-излучение от неё используется непосредственно для самой фотолитографии.

Что же касается «трёх достижений» – это активная разработка сканера с высокой мощностью, подготовка к применению рабочего тела, отличающегося от применяемого в машинах ASML олова, чем сейчас занимаются специалисты РФЯЦ-ВНИИЭФ, а также разработка рентгеновских зеркал для фокуса излучения – по ним работы идут в ИПФ РАН, а также Федеральном ядерном центре (г. Саров).

Как утверждает Сергеев, совместная агрегация вышеуказанных разработок при участии специалистов НЦФМ и непосредственной поддержке «Росатомом», в ближайшие 2–3 года позволит создать российское литографическое оборудование с мощностью, которая будет в разы превосходить аналоги от ASML, а длина волны будет такой же – 13,5 нм.

techcult.ru

Российские разработчики должны создать 2300 новых программ до 2030 года

Как пишет издание «Ведомости», которое получило доступ к правительственным планам, изложенным в дорожной карте «Новое индустриальное программное обеспечение», от российских разработчиков к 2030 году требуется создать более 2300

новых программных продуктов. Информацию подтвердил источник в правительстве.

По плану, иностранные системы автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделий (CAD и PLM) среднего и тяжёлого классов, которые используются в промышленности, будут почти полностью заменены. В настоящее время менее четверти (23%) таких программ разработаны в России.

Согласно установленному графику, в 2021 году количество российских CAD- и PLM-решений составляло 1323 единицы. К 2025 году их должно быть уже 2082 (почти 60% рынка), а к 2030-му – 3669 (около 90% рынка).

Предполагается, что к 2025 году объём российского рынка технологических решений увеличится до 58 млрд рублей, а к 2030-му – до 113 млрд. Внебюджетные вложения в развитие отрасли до 2025 года составят более 30 млрд рублей, ещё около 10 млрд рублей добавит государство.

Опрошенные эксперты считают, что создать российские решения необходимого качества и стандарта будет очень сложно из-за отсутствия в стране наработок по такому ПО и достаточного количества компетентных специалистов.

ixbt.com

Испытания бесплатформенных инерциальных навигационных систем

Матвей Ульянов (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены испытания серийного изделия комплекса управления с бесплатформенной инерциальной навигационной системой в виде гиринерциального блока. Приведены четыре результата испытаний на классический удар и широкополосную случайную вибрацию с последующим анализом.

Одной из важнейших задач в области беспилотных летательных аппаратов является получение информации о состоянии технологического оборудования и аппаратов, в частности, при помощи гиринерциальных блоков (ГИБ) или гириблоков – устройств, способных реагировать на изменение углов ориентации и ускорений тела, на котором они установлены.

Высокоточные системы ориентации в пространстве – как пилотируемых, так и беспилотных летательных аппаратов, – получают всё большее распространение в изделиях различного назначения, в том числе в квадрокоптерах и других малых летательных аппаратах.

Основу данных систем составляют гироскопы, которые входят в состав гиринерциальных блоков, вибрационные воздействия на которые во время полёта существенно снижают точность выходных данных. Ускорения и вибрации вызывают изменение внутренних механических напряжений конструкции лазерного гироскопа, что приводит к изменениям оптических характеристик и сбоям в электронных блоках. Это, в свою очередь, ведёт к ошибкам в навигации летательных аппаратов и может сделать невозможным выполнение полётного задания. Поэтому очень важно оценить качество гириблоков ещё на стадии

производства в условиях создания искусственных вибраций, приближённых к реальным условиям работы. Однако зачастую испытания проводятся в условиях, которые существенно превосходят реальные и соответствуют запасу прочности, заложенному в конструкции системы. Такие испытания проводятся, например, на этапах квалификационных и предварительных испытаний или на более ранних этапах разработки. Требования механической прочности изделия должны соответствовать его классу и проводиться по соответствующим стандартам. Такие требования, в свою очередь, часто являются одной из основ технических заданий на разработку гиринерциальных блоков.

Рассмотрим структуру стенда проведения вибрационных испытаний объекта исследования (ОИ) (рис. 1).

В общем случае задача обеспечения механических испытаний решается следующим образом. Необходимый вид воздействия, его характеристики и время воздействия задаются в программном обеспечении вычислительной машины, в частном случае – персональном компьютере. Эти данные передаются в контроллер, который непосредственно управляет процессом испытания. Контроллер следит за тем, чтобы сигнал, получаемый с опорного датчика, соответствовал сигналу, запрограммированному на испытание. Это система с обратной связью, которая, в зависимости от отклонения от заданных значений, вносит необходимую коррекцию.

От контроллера заданные параметры в виде тока и напряжения поступают на усилитель, задача которого обеспечить необходимой мощностью подвижные системы вибростенда, которые преобразуют электрическую энергию в механическое воздействие.

Объект исследования жёстко крепят к плите вибростенда. На объект исследования устанавливают измерительные преобразователи (датчики), показания которых через контроллер передаются в вычислительную систему для проведения дальнейшего анализа результатов.

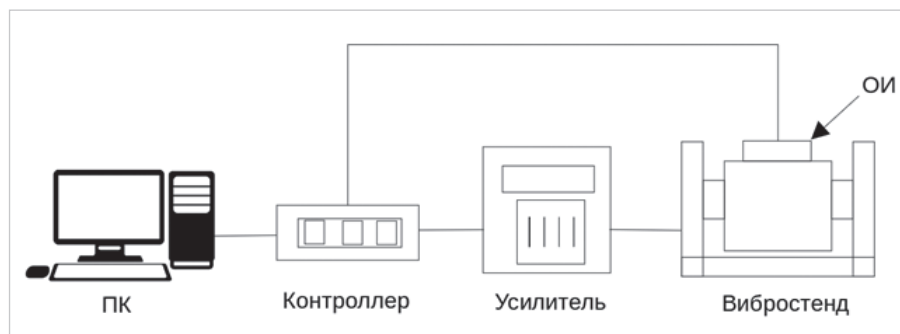


Рис. 1. Структура испытательного стенда

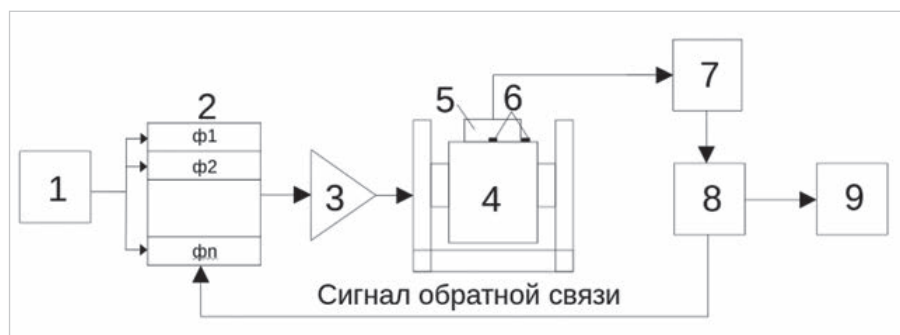


Рис. 2. Структурная схема испытаний методом широкополосной случайной вибрации, где 1 – задающий генератор шума; 2 – блок фильтров частотного диапазона; 3 – усилитель мощности; 4 – вибровозбудитель; 5 – объект исследования; 6 – вибродатчик; 7 – виброизмерительная система; 8 – анализирующее устройство; 9 – регистрирующее устройство

Рассмотрим структурную схему испытаний объекта методом широкополосной случайной вибрации (ШСВ) (рис. 2).

При использовании метода ШСВ задаётся постоянная плотность энергии каждой гармонической составляющей колебательного процесса. В качестве задающего устройства используется сигнал белого шума или широкополосный случайный сигнал, подаваемый на регулируемые полосовые частотные фильтры, перекрывающие спектры частот сигнала возбуждения. После уравнивания плотностей энергии в каждом диапазоне частот сигнал усиливается и преобразуется в вибрацию. Полученные выходные характеристики снимаются вибродатчиками, анализируются и используются для регистрации данных, а информацию опорных датчиков используют для отслеживания заданных параметров испытания.

Основой проведения механических испытаний, как и всех других, является «Программа – методика испытаний», которая устанавливает жёсткие требования на перечень и характеристики испытаний. Первыми выступают требования к методу крепления изделия на столе вибростенда, а также месту крепления датчиков и их количеству. На рис. 3 представлена схема для испытаний по оси Y изделия. Количество и расположение датчиков может меняться в зависимости от условий проведения испытаний.

Контрольные датчики № 1, 2, 3, 4 устанавливаются на приспособление по оси проведения испытания. Контрольные датчики № 5, 6, 7 устанавливаются на кубик на ГИБ изделия по осям Y, X, Z соответственно.

Изделие устанавливается в приспособление или оправу, крепится к ней болтами. Приспособление через переходную плиту устанавливается на вибростенд в соответствии с необходимой пространственной ориентацией.

Исследуемая система представляет собой комплекс, основу которого составляет гироблок с тремя акселерометрами и тремя лазерными гироскопами, по одному на каждой оси.

Общий список испытаний представлен в следующем виде:

- 1) синусоидальная вибрация одной частоты;
- 2) синусоидальная вибрация;
- 3) широкополосная случайная вибрация;

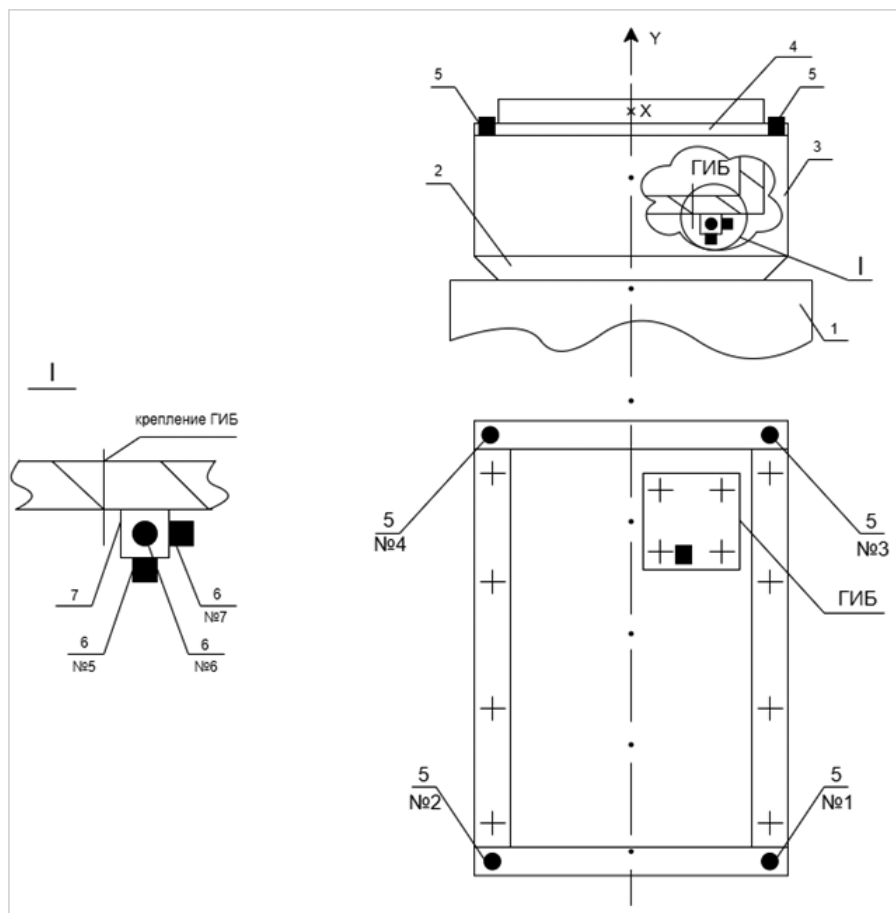


Рис. 3. Схема установки изделия на вибростенде при испытании на механические воздействия по оси Y: 1 – вибростенд; 2 – плита переходная; 3 – приспособление; 4 – изделие; 5 – вибродатчик контрольный (№ 1, 2, 3, 4); 6 – вибродатчик контрольный (№ 5, 6, 7); 7 – кубик

4) классический удар;

5) испытания при транспортировании и др.

Разработанная система управления обеспечивает проведение испытаний в различных вариациях, то есть в ходе испытания могут проверяться стойкость, устойчивость или прочность изделия, меняться оси воздействия, а также характеристики вибрационных испытаний.

В качестве примера приведены результаты широкополосных вибрационных испытаний изделия по оси Y с ускорением 14g (рис. 4).

Целью данных испытаний являлось одновременное возбуждение всех резонансов конструкции, что позволяет выявить их взаимное влияние. Испытания проводились при ускорении 14g с профилем испытания 0,1 на полосе частот 20...2000 Гц.

Было замечено, что на узкой полосе частот 140...150 Гц появляется пик, который может соответствовать резонансной частоте. Пики наблюдаются не только по оси воздействия. В той же полосе 140...150 Гц пик по

оси Z. Несколько пиков наблюдаются в полосе частот 1...2 кГц по оси X. Причины появления этих пиков ещё предстоит уточнить при детальном анализе совместно с другими испытаниями.

Заключение

В ходе проведённых механических испытаний были выявлены слабые места конструкции изделия, которые в процессе эксплуатации могут оказать значительное влияние на работу наиболее уязвимого элемента подобных комплексов управления – гироскопического блока. Снижение эффекта резонанса конструкции изделия в целом на работу ГИБ является одним из наиболее значимых направлений развития виброподвесов и алгоритмов подавления для повышения отказоустойчивости как для военных, так и для гражданских систем. В свою очередь, обоснование и направление доработок непрерывно связано с модернизацией методов, алгоритмов и средств воспроизведения вибрации с целью повышения эффективности

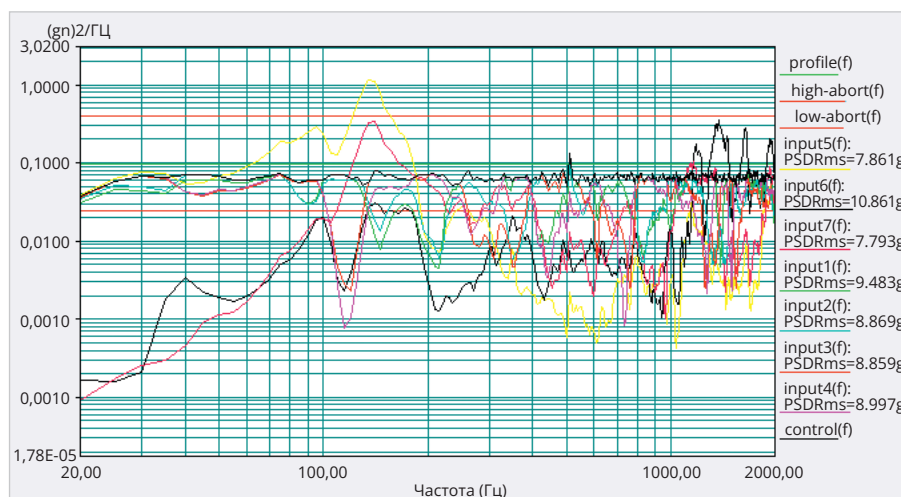


Рис. 4. Результаты широкополосных вибрационных испытаний

проведения испытаний в условиях, близких к условиям реальной эксплуатации.

Литература

1. Албагачиев А.Ю., Кушниц А.П. Прогнозирование результатов измерения инерционных

параметров на основе математического моделирования // Приборы. 2012. № 9 (147). С. 24–28.

2. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. М.: Наука, 1992. 280 с.
3. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. М.: Физматлит, 2006. 424 с.
4. Матвеев В.В. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 199 с.
5. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: учеб. пособие. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. 280 с.
6. Groves P.D. Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems / Artech Hous. 2008. 505 p.



НОВОСТИ МИРА

Новые евросанкции: запрет Минцифры, Роскомнадзора и поставок электроники

Евросоюз ввёл девятый пакет санкций против России, запрещающий поставки ноутбуков, дронов, жёстких дисков и разной электроники. Также под санкции попали министр цифрового развития Максют Шадаев, Роскомнадзор и компания «Русбитех».

Европейский Союз (ЕС) ввёл новый, девятый по счёту пакет санкций против России. Санкции вводятся в ответ на проводимую Россией специальную военную операцию (СВО) на территории Украины.

В частности, ограничения на поставку оборудования в Россию ЕС были расширены за счёт игрушечных дронов, ноутбуков, жёстких дисков, ИТ-компонентов, приборов ночного видения и радионавигации, камер и линз, генераторов. Также запрещается оказание услуг по тестированию и анализу комплексных механических и электрических систем, состава и чистоты, физических свойств и услуг технического осмотра.

В перечень лиц, в отношении которых вводятся санкции, включены российские масс-медиа и члены Правительства, также вводится запрет на вещание российских государственных телеканалов. Среди попавших под санкции значится министр цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Максют Шадаев.

Как поясняется в публикации журнала ЕС, Шадаев ответственен за предоставление цифровых и телекоммуникационных

сервисов в новых российских регионах: Донецкой и Луганской народных республиках (ДНР и ЛНР), Херсонской и Запорожской областях. Кроме того, указывают в ЕС, Минцифры участвовала в проведении в России частичной мобилизации.



Также санкции вводятся против Роскомнадзора. В ЕС указывают, что данное ведомство ввело ограничения на освещение российскими СМИ тематики СВО, в том числе запретило публиковать интервью Президента Украины Владимира Зеленского. Веб-сайты, которые нарушают данный запрет, блокируются. Также Роскомнадзор заблокировал доступ к социальным сетям Twitter и Facebook (принадлежит корпорации Meta, признанной в России экстремистской).

Санкции введены и в отношении гендиректора «Национальной медиагруппы» (НМГ) Светланы Балановой, которая также возглавляет общественный совет при Роскомнадзоре. Ранее ЕС ввёл санкции против главы Роскомнадзора Андрея Липова. Также санкции в отношении Шадаева, Липова и его заместителей вводила Канада.

В Минцифры не стали комментировать санкции ЕС. В Роскомнадзоре не ответили

на запрос по данному вопросу. В медийной сфере санкции также были введены в отношении «Всероссийской государственной телерадиокомпании» (ВГТРК), НМГ и АНО «ТВ-Новости» (телеканал RT).

Санкции против «Русбитеха» и ИТ-поставщиков Минобороны

Кроме того, ЕС ввёл санкции против ряда компаний – поставщиков оборудования для Вооружённых сил России (ВС РФ). Среди них – компания «Русбитех».

В ЕС указывают, что разработанная компанией ОС AstraLinux используется командными пунктами ВС РФ. Кроме того, «Русбитех» разработала Автоматизированную подвижную единицу (АПЕ-5), используемую для коммуникаций среди подразделений ВС РФ. К моменту публикации в «Русбитех» не ответили на запрос по данному вопросу.

Введены санкции и в отношении Концерна КРЭТ («Концерн Радиоэлектронные технологии»), являющегося подразделением госкорпорации «Ростех». КРЭТ разрабатывает систему радиоэлектронной борьбы «Красуха-4», используемую ВС РФ. Сам «Ростех» находится под санкциями ЕС с начала 2022 г.

Кроме того, санкции введены в отношении компании «Радиоавионика», разрабатывающей комплекс «Стрелец-М», обеспечивающий разведку, управление и связь для ВС РФ. Введены санкции в отношении Главного вычислительного центра Генерального штаба, который, как утверждается, проводит расчёты для осуществления ракетных атак по территории Украины.

russianelectronics.ru

Расскажите о себе нашим читателям

Воспользуйтесь возможностями продвижения
медиапортала СТА-ПРЕСС



Журналы

Два наших журнала уважают в отрасли. Ваши статьи и рекламу в них увидят все наши читатели



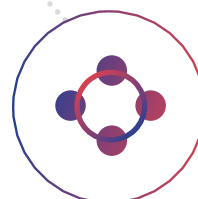
YouTube-канал

Наш канал предоставляет вам возможность интересно рассказать о себе



Сайты

Наши сайты – это ваши новости и статьи, оперативно доставленные по адресу



Конференции

На наших конференциях ПТА вы заведёте новые контакты и расскажете о себе специалистам из ведущих промышленных регионов России



Дизайн-студия

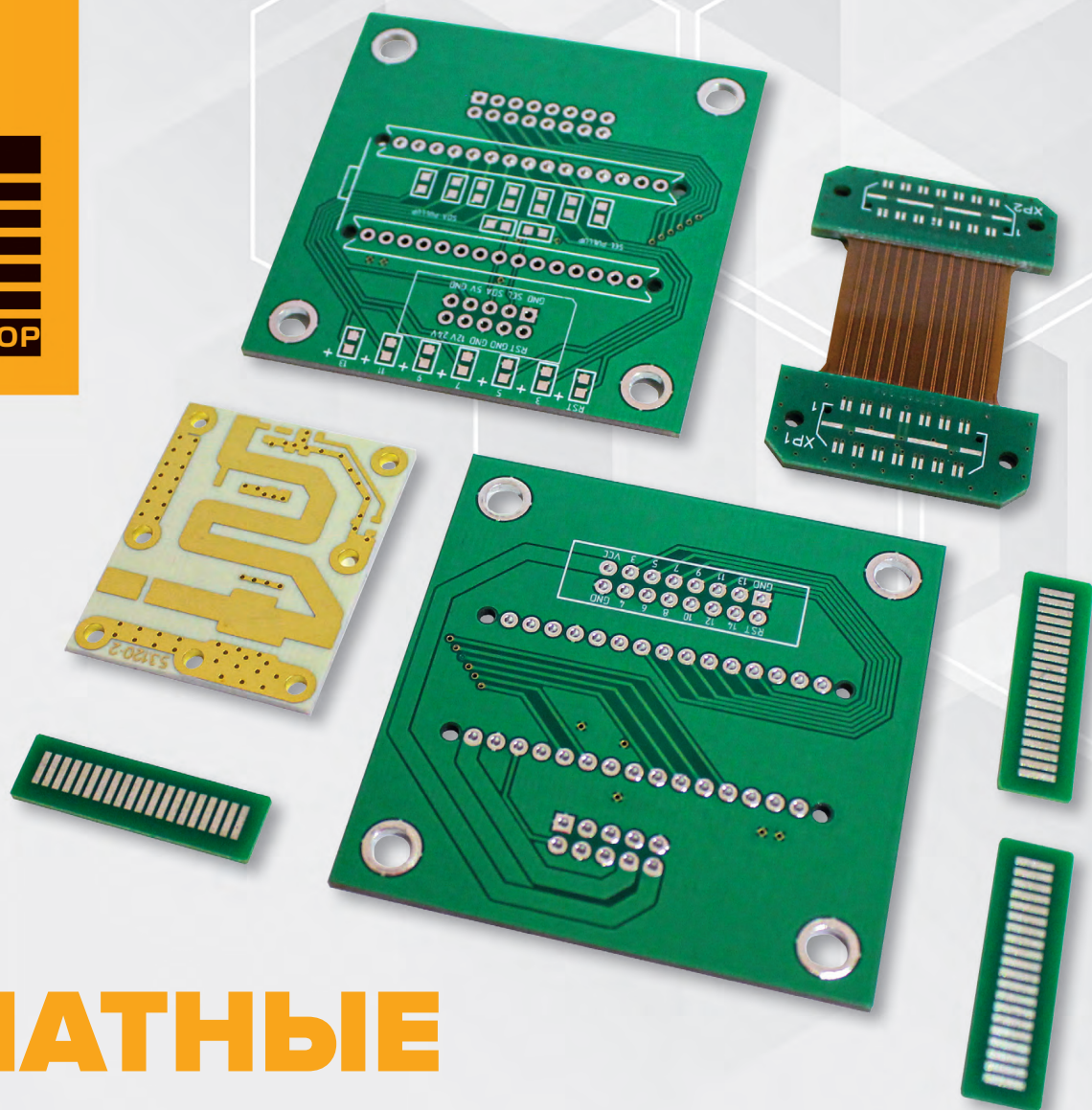
Наши профессионалы сделают для вас рекламу, баннер, ролик



СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА

+7 (917) 517-46-18 / savina@soel.ru / cta.ru / soel.ru

Приглашаем вас к сотрудничеству!



ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

**РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПО ТЗ ЗАКАЗЧИКА
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДО 5 КЛАССА ТОЧНОСТИ**

ХАРАКТЕРИСТИКА	ОДНОСТОРОННИЕ, ДВУСТОРОННИЕ И МНОГОСЛОЙНЫЕ	ГИБКО-ЖЕСТКИЕ
Используемые материалы	FR4, FR4 HiTg, Rogers	FR4 HiTg, Rogers 4000 серии, полиимиды Taiflex, Shengyi, Dupont Pyralux
Макс. количество слоев	■ Для плат на FR4 до 20 слоев ■ Для плат на Rogers до 10 слоев	■ Жесткая часть до 12 слоев ■ Гибкая часть до 6 слоев
Размер рабочего поля	■ Для FR4 400 × 300 мм ■ Для Rogers 250 × 180 мм	250 × 180 мм
Финишные покрытия	■ ПОС-63 ■ Иммерсионное золочение ■ Иммерсионное олово ■ Иммерсионное серебро	■ Иммерсионное золочение ■ Иммерсионное олово ■ Иммерсионное серебро
Технологические возможности	Минимальный зазор между проводниками: 0,1 мм	
	Минимальная ширина проводника: 0,1 мм	
	Минимальный диаметр переходного отверстия: 0,2 мм	
	Минимальная площадка переходного отверстия: 0,4 мм	